

# **Det moderna inomhusklimatet och dess lönsamhet**

Tony Enlund

EXAMENSARBETE	
Arcada	
Utbildningsprogram:	Distribuerade energisystem
Identifikationsnummer:	
Författare:	Enlund Tony
Arbetets namn:	Det moderna inomhusklimatet och dess lönsamhet
Handledare (Arcada):	Lipsanen Jarmo
Uppdragsgivare:	720 Degrees Oy
<p>Sammandrag:</p> <p>Detta examensarbete gjordes som uppdrag åt 720 Degrees Oy och behandlar inomhusklimatet i kontorsmiljö i Finland samt hur det påverkar produktiviteten och den ekonomiska lönsamheten. Detta arbete berör även Finlands lagstiftning angående EU:s nya energidirektiv samt dess påverkan på inomhusklimatet. Syftet med arbetet är att få en inblick i fördelarna med ett gott inomhusklimat, möjligheterna att uppnå ett sådant, lönsamheten för en sådan investering samt de aktuella finländska bestämmelserna kring inomhusklimatrelaterade frågor. Lösningar som tas upp i detta arbete är främst 720 Degrees Oy:s men även andra alternativa lösningar tas upp. Informationen till detta arbete har fått från tidigare forskningar och undersökningar samt delvis från 720 Degrees Oy:s personal.</p>	
Nyckelord:	720 Degrees Oy, inomhusklimat, produktivitet, lönsamhet, luftkvalitet
Sidantal:	71
Språk:	Svenska
Datum för godkännande:	

Tony Enlund

DEGREE THESIS	
Arcada	
Degree Programme:	Distribuerade energisystem
Identification number:	
Author:	Enlund Tony
Title:	Det moderna inomhusklimatet och dess lönsamhet
Supervisor (Arcada):	Lipsanen Jarmo
Commissioned by:	720 Degrees Oy
<p>Abstract:</p> <p>This thesis work is conducted for the company 720 Degrees Oy and deals with the indoor environment quality in offices in Finland and how it affects the productivity and the profitability. This work also deals with the legislation regarding the new energy directives from the EU and how they affect the indoor environment quality. The purpose of this work is to understand the advantages with good indoor environment quality, the possibilities to achieve such a thing, the profitability with an investment of that kind and the Finnish legislation regarding indoor environment quality. The solutions that are presented in this work is mainly 720 Degrees Oy's but other alternatives are also presented. The information for this work is mainly obtained through scientific articles but also partly from the 720 Degrees Oy's personnel.</p>	
Keywords:	720 Degrees Oy, indoor environment quality, productivity, profitability, indoor air quality
Number of pages:	71
Language:	Swedish
Date of acceptance:	

OPINNÄYTE	
Arcada	
Koulutusohjelma:	Distribuerade energisystem
Tunnistenumero:	
Tekijä:	Enlund Tony
Työn nimi:	Det moderna inomhusklimatet och dess lönsamhet
Työn ohjaaja (Arcada):	Lipsanen Jarmo
Toimeksiantaja:	720 Degrees Oy
<p>Tiivistelmä:</p> <p>Tämä opinnäyte tehtiin 720 Degrees Oy:n toimeenpanosta ja käsittelee sisäilmasto suomen konttoritiloissa sekä miten se vaikuttaa tuottaavuuteen ja taloudelliseen kannattavuuteen. Tämä työ koskee myös Suomen lainsäädäntöä liittyen EU:n uusiin energiadirektiiveihin sekä niiden vaikutus sisäilmastoon. Työn tarkoitus on saada kuva hyvän sisäilmaston eduista, mahdollisuudet saavuttaa semmosen ja semmosen investoinnin kannattavuuden sekä nykyiset suomalaiset määräykset koskien sisäilmastokysymyksiä. Ratkaisut jotka otetaan esille tässä työssä koskee ennen kaikkea 720 Degrees Oy:ta mutta myöskin muita vaihtoehtoja käsitellään. Tämän työn tieto on saatu aikaisemmista tutkimuksista sekä osittain 720 Degrees Oy:n henkilöstöltä.</p>	
Avainsanat:	720 Degrees Oy, sisäilmasto, tuottavuus, kannattavuus, sisäilma
Sivumäärä:	71
Kieli:	Ruotsi
Hyväksymispäivämäärä:	

# INNEHÅLL / CONTENTS

<b>1</b>	<b>INTRODUKTION .....</b>	<b>7</b>
1.1	BAKGRUND .....	8
<b>2</b>	<b>INOMHUSKLIMATET .....</b>	<b>9</b>
2.1	TERMISK KOMFORT.....	13
2.1.1	<i>Termisk komfort och produktivitet .....</i>	<i>15</i>
2.1.2	<i>Lösningar .....</i>	<i>17</i>
2.2	AKUSTISK KOMFORT.....	18
2.2.1	<i>Lösningar .....</i>	<i>20</i>
2.3	VISUELL KOMFORT.....	20
2.3.1	<i>Lösningar .....</i>	<i>22</i>
2.4	LUFTKVALITET.....	23
2.4.2	<i>Ventilationens inverkan på luftkvaliteten och produktiviteten .....</i>	<i>35</i>
2.4.3	<i>Lösningar och åtgärder.....</i>	<i>37</i>
2.5	ÖVRIGA FAKTORER SOM PÅVERKAR INOMHUSKLIMATET .....	37
2.5.1	<i>Lösningar .....</i>	<i>38</i>
<b>3</b>	<b>INOMHUSKLIMATETS INVERKAN PÅ PRODUKTIVITETEN OCH EKONOMIN .....</b>	<b>39</b>
3.1	ÖVRIGA FAKTORER SOM INVERKAR PÅ PRODUKTIVITETEN .....	42
3.2	INOMHUSKLIMATETS INVERKAN PÅ STRESS OCH VÄLMÅENDE.....	42
3.3	INVESTERINGAR OCH SPARÅTGÄRDERNS INVERKAN PÅ PRODUKTIVITET .....	44
<b>4</b>	<b>TILLVÄGAGÅNGSÄTT VID UTREDNINGAR .....</b>	<b>47</b>
<b>5</b>	<b>720 DEGREES OY:S LÖSNINGAR .....</b>	<b>48</b>
<b>6</b>	<b>FRAMTIDEN OCH NYA DIREKTIV .....</b>	<b>51</b>
6.1	DIREKTIVET OM ENERGIEFFEKTIVITET, 2012/27/EU.....	52
6.2	DIREKTIVET OM BYGGNADERS ENERGIPRESTANDA (EPBD), 2010/31/EU .....	52
6.3	DIREKTIVET OM EN ÖKNING AV FÖRNYBARA ENERGIFORMER (RES), 2009/28/EY .....	54
6.4	ENERGICERTIFIKAT FÖR BYGGNADER.....	54
6.5	DIREKTIVENS INVERKAN PÅ INOMHUSKLIMATET .....	55
<b>7</b>	<b>SLUTSATS.....</b>	<b>57</b>
<b>8</b>	<b>DISKUSSION .....</b>	<b>59</b>
	<b>KÄLLOR / REFERENCES .....</b>	<b>61</b>
	<b>BILAGOR / APPENDICES .....</b>	<b>64</b>
	BILAGA 1. KONCENTRATIONER AV LUFTFÖRORENINGAR INOMHUS.....	64

## Förteckning över specialtermer och förkortningar

BRI	-	Buiding Related Sickness
CFU	-	Colony Forming Units, en enhet för att uppskatta mängden bakterier/svampar i ett prov med hjälp av deras tillväxt.
Illuminans	-	En storhet inom belysning. Mätt i enheten Lux (lx). Storhetens syfte är att mäta hur mycket en yta belyses.
Luminans	-	En storhet inom belysning. Mätt i enheten candela per kvadratmeter (cd/m <sup>2</sup> ). Storhetens syfte är att beskriva mängden ljus som strålar ut från en yta i en viss riktning.
MRT	-	Mean Radiant Temperature
PMV	-	Predicated Mean Vote
PPD	-	Predicated Percentage of Dissatisfied
P.p.m.	-	Parts per million
SAD	-	Seasonal Affective Disorder
SBS	-	Sick Building Syndrome
WHO	-	World Healt Organization

# 1 INTRODUKTION

Detta examensarbete behandlar inomhusklimatet i kontor och dess koppling till produktiviteten och lönsamheten samt lagstiftningen kring EU:s nya energidirektiv och dess påverkan på inomhusklimatet. Detta arbete kommer att avgränsas till behandlingen av luftkvaliteten samt den termiska och akustiska komforten. Det är många som förbiser fördelarna ett gott inomhusklimat för med sig och saknar kunskapen som krävs för att skapa ett sådant. Syftet med detta arbete är att reda ut vad inomhusklimatet är, hur ett sådant uppnås, dess lönsamhet och hur situationen angående inomhusklimatet i Finland ser ut i dagsläget. Detta arbete tar även i behandling de finländska lagbestämmelserna kring inomhusklimat angående dom nya EU direktiven.

Forskningar kring inomhusklimatet har gjorts sedan 70-talet men först på senare tid har allmänheten upptäckt värdet med ett gott inomhusklimat. Dagligen andas vi in omkring 10-20 m<sup>3</sup> luft varje dag och vi vistas i huvudsak inomhus. På så sätt har luftkvaliteten en direkt påverkan på vår hälsa. Det mest konkreta exemplet på förbättrat inomhusklimat på arbetsplatsen är ökad produktivitet och färre sjukfall. I detta arbete ges svar på frågor kring produktiviteten och lönsamheten, investeringar kring luftkvaliteten, hur definierar man ett gott inomhusklimat, vad utmaningarna är samt hur det möjliggörs i praktiken. Detta arbete behandlar även EU:s nya direktiv samt hur det påverkar det finländska inomhusklimatet. (Adamkiewicz Gary, 2010, s 1)

Examensarbetet har gjorts som uppdrag för 720 Degrees Oy i syfte att få fram fördelarna med ett gott inomhusklimat och sparmöjligheterna med en sådan investering samt hur stor grad EU:s nya direktiv påverkar inomhusklimatet. 720 Degrees Oy är ett företag i Helsingfors som utför mätningar kring luftkvaliteten i real-tid och erbjuder även lösningar och åtgärder till dessa inomhusklimatsrelaterade problem. De lösningar och produkter som används i detta arbete är i stor utsträckning 720 Degrees Oy:s, men även alternativ till dessa kommer att tas upp.

Inomhusklimat är ett ämne som har skapat debatt på senare tid och en mängd artiklar finns redan som berör ämnet. Detta arbetet kommer att komplettera denna diskussion ur en finländsk synvinkel med en lönsamhets- samt prestationsorienterad inriktning samt gå in i hur stor grad EU:s nya direktiv påverkar vårt inomhusklimat. Innehållet behandlas så att arbetet börjar med en genomgång, hur har inomhusklimatet sett ut historiskt och vad som har hänt för att en efterfrågan av ett gott inomhusklimat har skapats. Sedan definieras begreppet inomhusklimat och hoten med ett dåligt klimat samt problemen vi möter och lösningar till dessa. Sedan behandlas den ekonomiska aspekten av arbetet och fördelarna med ett gott inomhusklimat. Efter det tas 720 Degrees Oy:s lösningar upp samt en genomgång av EU:s nya energidirektiv och hur det påverkar inomhusklimatet. Till sist redovisas resultaten av arbetet och analyseras i slutsatsen och diskussionen.

## **1.1 Bakgrund**

På 70-talet ändrades samhällets syn på miljön radikalt när problem som radon och allergier upptäcktes. WHO publicerade sin första version av "Air quality guidelines for Europe" 1987, där radon och tobaksrök behandlades. Först 2000 fick föroreningar i inomhusluften en egen del i den andra upplagan. De sista decennierna har forskningen ökat markant, såväl kring hälsoriskerna som kring utvecklingen av ventilationssystem. Situationen idag reflekterar samhällets utveckling. I många utvecklingsländer är situationen fortfarande dålig, motsvarande den som mer utvecklade länder hade i början av 1900-talet. De europeiska husen har i medeltal god ventilation pga. relativt moderna konstruktioner och byggnadsmaterial samt billig energi. Dessa hus hade dessutom stora läckage som ökade luftbytet. Detta resulterade i få upplevde allergiproblem men desto flera upplevde luftvägsrelaterade sjukfall. I dagsläget har vi blivit mer medvetna om inomhusklimatets fördelar och Norden är föregångare inom branschen. Dock är det ännu mycket man inte vet om inomhusklimatet och för att kunna optimera produktiviteten och minimera sjukfallen bör mer tid och forskning läggas på inomhusklimatet. (Sundelin, 2004, s 51-58)



## 2 INOMHUSKLIMATET

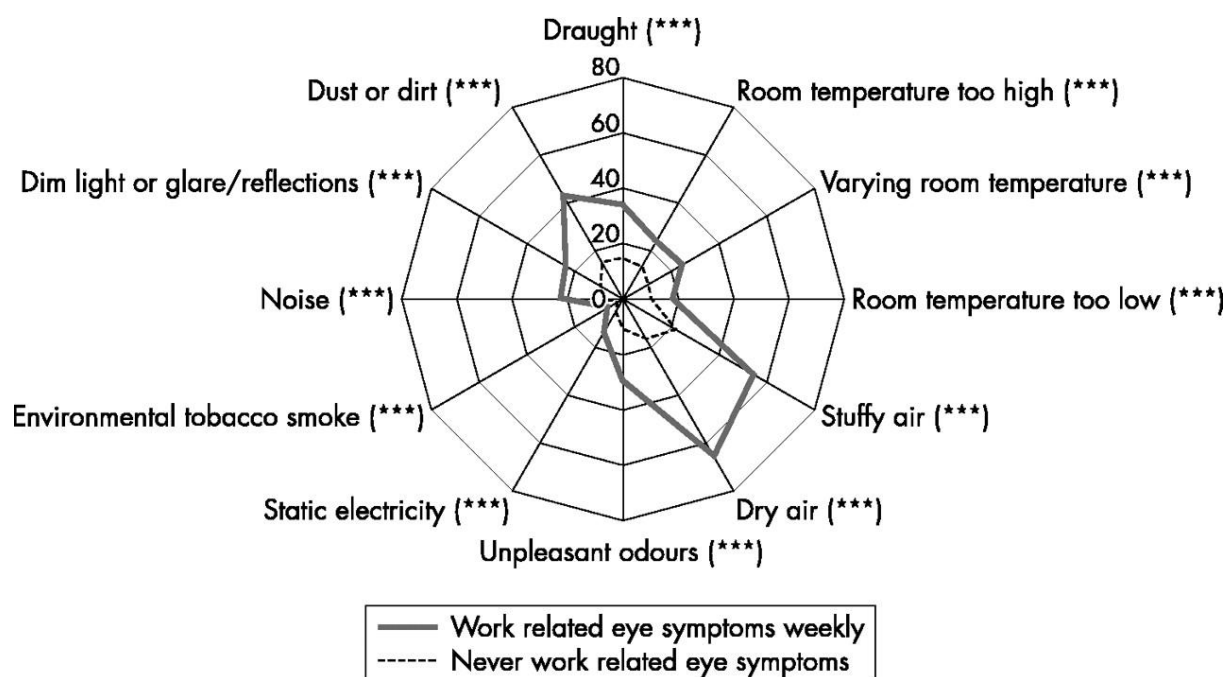
Inomhusklimat, eller Indoor Environmental Quality (IEQ) på engelska, beskrivs som de delområden som krävs för att uppnå en bekväm och hälsosam vistelse för invånarna i en inomhusmiljö. Dessa delområden är: termisk, akustisk och visuell komfort samt god luftkvalitet. Enligt WHO:s definition från 1948 är hälsa ett tillstånd av fullständigt fysiskt, psykiskt och socialt välbefinnande, inte endast frånvaro av sjukdom och funktionsnedsättning. Detta resulterar i ett tillägg av psykologiska faktorer. Forskningar visar att påverkan av inomhusklimatet på dess invånare kan vara väldigt komplicerad men i de flesta fall kan man härleda problemen till en eller flera påverkande faktorer. Sjukfall som astma, allergier och kan uppstå vid dålig inomhusluft. Även andra sjukdomar har uppstått från vårt inomhusklimat, som sick building syndrom (SBS) och building related illness (BRI). Krav på byggnaders inomhusklimat tas upp i Finlands byggbestämmelsesamling D2. (Horr, 2016, s. 1-11)

Inomhusklimatet i kontorsutrymmen är mycket viktigt med tanke på det stora antalet människor det berör och den direkta hälsorisk som finns vid bristande luftkvalitet. Sjukfall har direkt betydelse på företagets ekonomi samt en sänkt prestationsförmåga påverkar även ekonomin indirekt. Utmaningarna finns i det finländska byggnadsbeståndets skick och i lagstiftningen. Över hela Finland lider stor del av byggnaderna av inomhusklimatrelaterade problem. Enligt finska miljöministeriet påverkas 800 000 finländare varje dag av enbart fukt- och mögelproblem. *Allvarliga* fukt- och mögelskador i egnahemshus och flervåningshus är omkring 9 %, i kontor upp till 5 %, skolor upp till 18% samt vårdinrättningar till och med 26%.

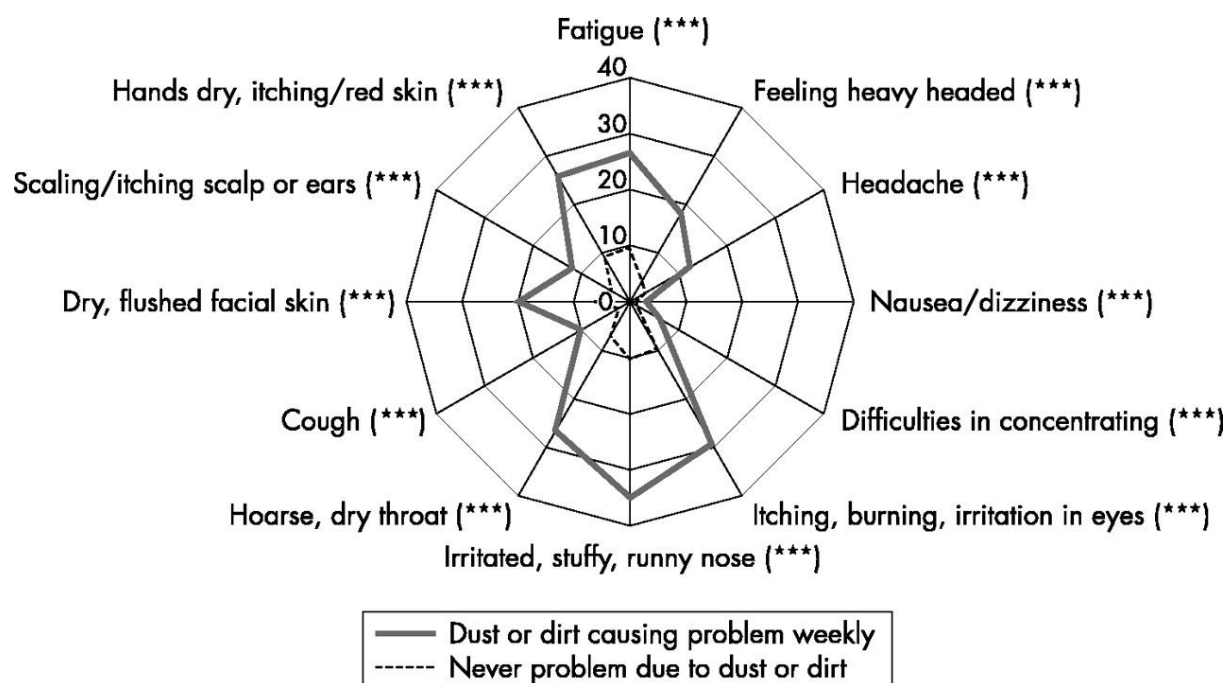
Inomhusklimatrelaterade problem existerar i Finland och i vid utsträckning. I hälsoskyddslagen står det *”Bostäder och andra utrymmen inomhus skall beträffande luftens renhet, temperatur, fuktighet, buller, luftväxling, ljus, strålning och övriga motsvarande förhållanden vara sådana att de som befinner sig i bostaden eller utrymmet inte förorsakas sanitär olägenhet.”* (Hälsoskyddslagen, 1994, 26 §)

Dom vanligaste problemen med bristande inomhusklimat i finländska kontorsutrymmen kartläggs i en undersökning gjord år 2004 av Uusimaa Regional Institute of Occupational Health. Genom frågeformulär samlades klagomål och symptom som är relaterade till inomhusklimatet in från 122 arbetsplatser och 11 154 arbetare mellan åren 1996-1999. Resultaten visade att dom vanligaste problem var torr luft (35% av arbetarna upplevde att luften var för torr), otillräcklig ventilation (34%), orenligheter eller damm inomhus (25%) och luftdrag (22%). Dom vanligaste symptomen hos anställda var irritationer i näsa eller snuva (20%), irritationer i ögonen (17%) och trötthet (16%). Kvinnor rapporterade oftare än män om inomhusklimatrelaterade problem och upplevde fler symptom. Även andra undersökningar kom fram till samma resultat att kvinnor rapporterar om inomhusklimatrelaterade symptom oftare än män. Allergiker och rökare rapporterade oftare om inomhusklimatrelaterade problem och upplevde fler symptom än icke-rökare och personer utan allergier. (Reijula, Sundman-Digert, 2004, s33-38)

Undersökningens resultat visade att klagomål och symptom som är associerade med inomhusklimatet är vanliga i kontorsutrymmen. Resultaten visade även att dom som hade klagat om symptom i näsan, ögonen, händerna eller klagat om trötthet oftare rapporterade om fysiska problem i inomhusklimatet än dom som inte led av några symptom (se figur 1). Å andra sidan, dom som rapporterade om torr eller otillräcklig luft, vinddrag eller damm oftare rapporterade om inomhusklimatrelaterade symptom än dom som inte upplevde kontorsutrymmet som bristfällig (se figur 2). Resultaten bevisade även att frågeformulär är ett passande verktyg när man gör utredningar kring inomhusklimatet. Frågeformuläret som användes är den så kallade örebromodellen (MM 040 NA kontor) och är utvecklad i Sverige. (Reijula, Sundman-Digert, 2004, s33-38)

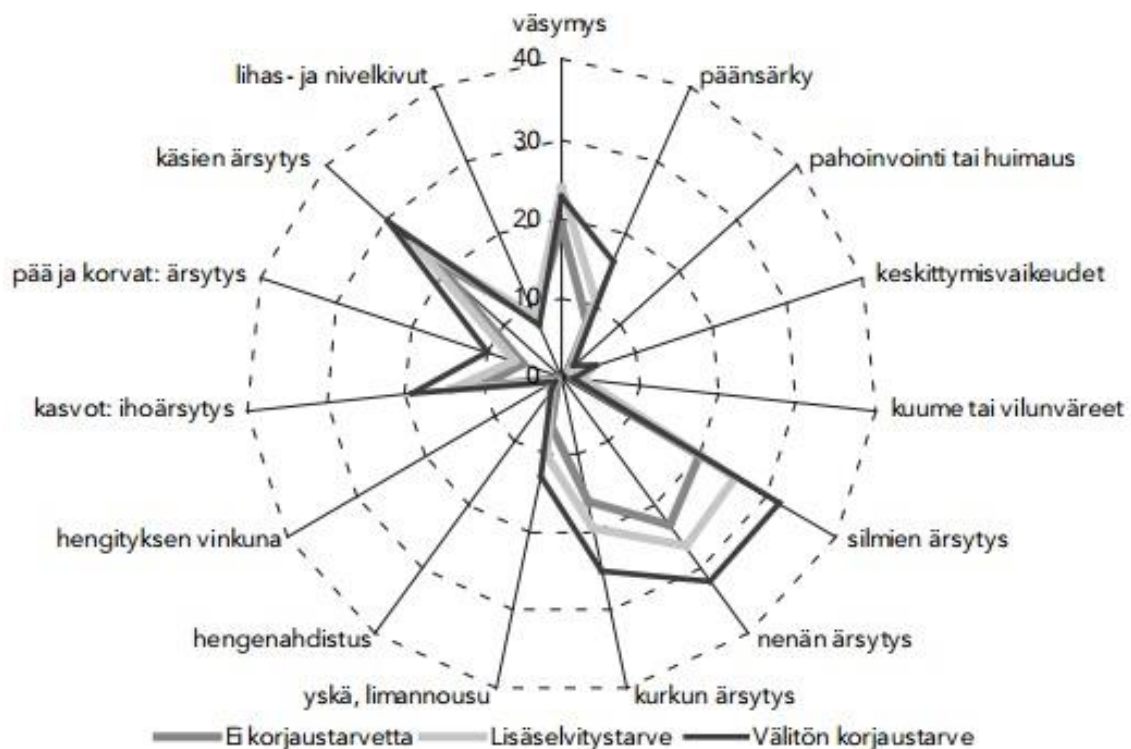


Figur 1. Resultaten av undersökningen kring inomhusklimatet i kontor 2004 i Finland.



Figur 2. Resultaten av undersökningen kring symptom i kontor 2004 i Finland.

En liknande undersökning gjordes av Ulla-Maija Hellgren bland 3200 personer år 2008 i 10 olika sjukhus i Finland angående inomhusklimatet och dess påverkan på dom anställda samt patienterna. Syftet med undersökningen var att skapa en bild av vilka symptom och problem som uppstod vid bristfällig luftkvalitet och samtidigt undersöka möjligheterna att fastslå mögel- och fuktskador med hjälp av ett frågeformulär. Undersökningen visade sig vara effektiv i att skapa ett samband mellan byggnadens renoveringsbehov och symptom som personerna i byggnaden led av. Undersökningen visade att symptomen var starkare i dom delarna av byggnaden var renoveringsbehovet var större. Det mest förekommande problemet var irritationer i näsa följt av irritationer i ögon, händer och hals. Figur 3 visar resultaten av undersökningen där renoveringsbehovet presenteras i samband med förekomsten av symptom. (Hellgren, 2008, s58-63)



Figur 3. Resultaten visar renoveringsbehovet i samband med förekomsten av symptom på personer i sjukhusmiljö.

## 2.1 Termisk komfort

Termisk komfort definieras som ett tillstånd där människan upplever ett utrymme temperaturmässigt bekvämt. För att ett utrymme skall räknas som bekvämt skall största delen av dess innehavare vara av den åsikten. Detta är troligtvis den viktigaste samt lättaste faktorn vad gäller användning och analysering för att uppnå ett gott inomhusklimat. Dock är den utsatt för subjektiva faktorer som kön, ras och ålder som varierar från person till person. (Horr, 2016, s. 5)

Den termiska komforten är indelad i flera kategorier, varav fyra är så kallade fysiska faktorer. Dessa är: lufttemperaturen ( $^{\circ}\text{C}$ ), MRT (Mean Radiant Temperature) eller strålningstemperaturen från ytor och kroppar ( $^{\circ}\text{C}$ ), relativa luftfuktigheten (%) och luftens hastighet (m/s). Brister hos några av dessa fysiska faktorer är relativt lätta att upptäcka och åtgärda med ventilation och uppvärmning. Förutom dom fysiska faktorerna finns två andra faktorer som kallas personliga faktorer. Dessa två är personens beklädnad samt dess metabolism. Dessa är individuella och skapar ett litet spelrum för individen att justera sin beklädnad för att uppnå bästa möjliga bekvämlighet. Den termiska komforten är ett tillstånd där samtliga dessa är i balans. Miljö- och hälsoskyddet har tagit fram lämpliga temperaturintervaller för kontorsarbete i enlighet av standarden SS EN ISO 7730 som visas i figur 4. Den termiska faktorn har även en ekonomisk aspekt där den är direkt relaterad till energianvändningen för fastigheten. Med nya och effektiva lösningar går det oftast att minimera energianvändningen utan att påverka trivselnivån. (Gavhead, 2006, s5-26, Horr, 2016, s. 5)

<p><b>Vinter (uppvärmningssäsong)</b>  <i>Klädsel 1,0 clo, stillasittande arbete</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• operativ temperatur 20 °C - 24 °C</li> <li>• vertikal strålningstemperaturskillnad &lt;5 °C</li> <li>• horisontal strålningstemperaturskillnad &lt;10 °C</li> <li>• lufttemperaturskillnad (mellan 0,1 och 1,1 m över golvet) &lt;3 °C</li> <li>• lufrörelser ≤0,20 m/s (beroende på turbulensgrad)</li> <li>• golvtemperatur &gt;19 °C</li> <li>• relativ luftfuktighet 30 % - 70 %</li> </ul> <p><b>Sommar</b>  <i>Klädsel 0,5 clo, stillasittande arbete</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• operativ temperatur 22 °C - 26 °C</li> <li>• lufttemperaturskillnad (mellan 0,1 och 1,1 m över golvet) &lt;3 °C</li> <li>• lufrörelser ≤0,25 m/s, (högre tillåts med individuell kontroll)</li> <li>• relativ luftfuktighet 30 % - 70 %</li> </ul>
---

Figur 4: Rekommendationer för inomhusklimat enligt SS EN ISO 7730.

Dom fysiska faktorerna kan justeras för att förbättra den termiska komforten. Luftfuktigheten accepteras i regel över ett stort intervall och har ingen stor påverkan på bekvämligheten så länge temperaturen är under 26 °C och arbetsinsatsen relativt låg. En ändring i den relativa luftfuktigheten med 10 % motsvarar en ändring i den operativa temperaturen med 0,3 °C (Gavhead, 2006, s21). Däremot är människans hud mycket känslig för varierande värmestrålning pga. dess höga emmissivitets- och absorptionsnivå. Detta resulterar i att MRT (Mean Radiant Temperature) är mycket viktigt för att uppnå termisk komfort. MRT är den temperatur när värmebytet hos kroppen och utrymmet den befinner sig i är jämsällt. (Gavhead, 2006)

PMV/PPD metoderna utvecklades för att mäta den termiska komforten mera precist. PMV (Predicted Mean Vote) metoden använder sig av målpersoner som ges en sjugradig skala från kallt (-3) till varmt (+3) där 0 är det ideala värdet (se figur 5). Detta värde tar i beaktande lufttemperaturen, värmestrålningen, den relativa luftfuktigheten, luftflödet, beklädnaden samt metabolismen. PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied) mäter målgruppens direkta tillfredsställelse, vilket anses vara den viktigaste faktorn när man behandlar termisk komfort. PMV-mätningen går ut på att mätningar görs på målgruppen i ett isolerat utrymme där inomhusklimatet går att kontrollera noggrant. Noggranna instruktioner hur PMV-värdet fås finns i Désirée Gavhed rapport *Det termiska klimatet på arbetsplatsen* (2006, s.22-31).

Thermal Sensation Scale						
-3	-2	-1	0	1	2	3
cold	cool	slightly cool	neutral	slightly warm	warm	hot

*Figur 5. PMV:s sjugradiga skala.*

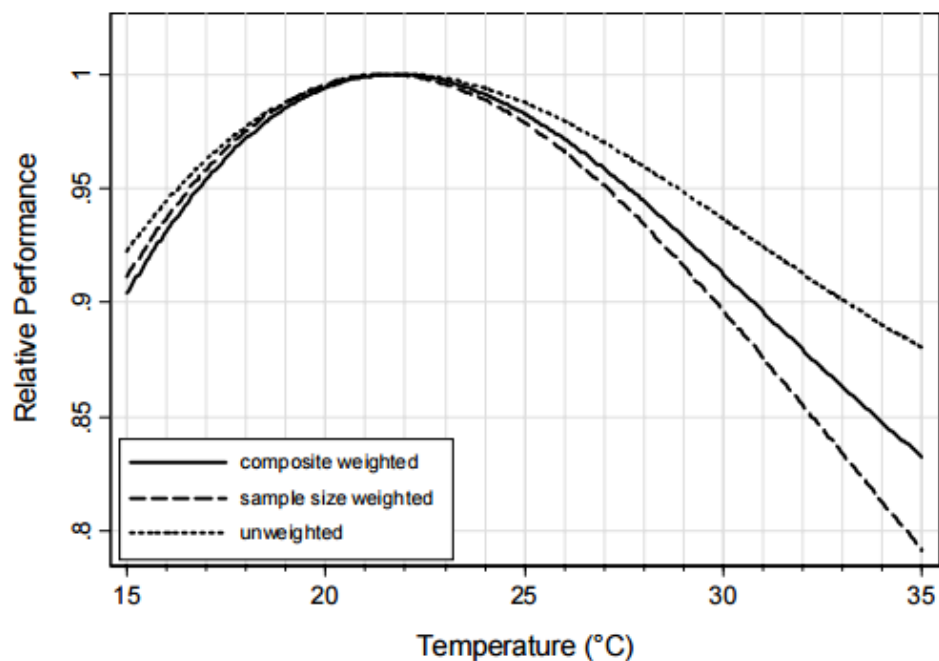
För att uppnå god termisk komfort året runt krävs temperaturreglering. I dagens läge har vi vattenburna system, luftbehandlingssystem och hybridsystem. Vattenburna system är det mest förekommande systemet och avger värme via radiatorer. Vanliga bekymmer med denna typ av värmesystem är ojämn temperatur och problem med radiator- och stamventiler. Ett annat problem är rumstemperaturen som regleras med att öppna fönster vilket detta värmesystem inte tar i beaktande. Detta system saknar möjligheten till avkylning. (Ahlzell Oy, Andersson, 2009)

Luftbehandlingsaggregat är system med till- och frånluftsfläktar samt filter. För effektivare användning kan även värmeväxlare användas. Värmeväxlare finns av flera typer varav vanligaste är roterande värmeväxlare, batterivärmeväxlare eller plattvärmeväxlare. Ventilationens eleffektivitet mäts med Specific Fan Power, SFP, och beskriver hur mycket elektricitet som krävs för att flytta en viss mängd luft. Enheten är kW/(m<sup>3</sup>/s) och ett normalt SFP-värde ligger kring 2 kW/(m<sup>3</sup>/s) och försämras ju högre värde som fås. (Ahlzell Oy, Andersson, 2009)

### **2.1.1 Termisk komfort och produktivitet**

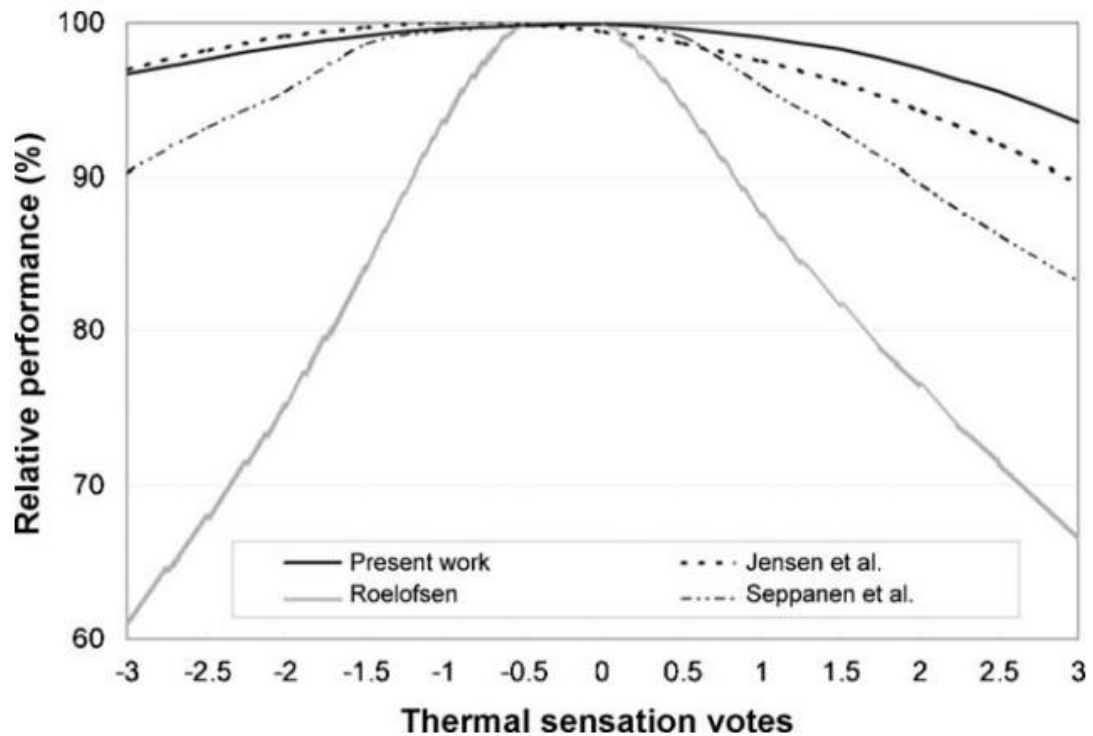
Den termiska komforten är viktig för produktiviteten. Clements-Croome (2000, s. 218) skriver att enbart genom att förbättra komforten kan man höja produktiviteten med 0,5 till 5% beroende på byggnadens skick. Olli Seppänen undersökte (2006a) temperaturens

påverkan på produktiviteten hos kontorsarbetare. Figur 6 visar resultaten av produktiviteten i jämförelse med temperaturen. Största produktiviteten är lika med 1 där kurvan är horisontal vid temperaturintervallet 21–22 °C. Vid lägre och högre temperaturer sänktes produktiviteten och vid temperaturer högre än 25 grader sänktes produktiviteten med 2% per °C. Vid 30 °C hade produktiviteten sänkts med 8,9 %. Enligt Clements-Croome sänks även produktiviteten med 1% per °C när temperaturen höjs över 22 grader. Vid komplexa arbetsuppgifter hade temperaturen större inverkan. Flera forskningar har undersökt det optimala PMV-värdet angående produktivitet. I forskningen skriven av Li Lana år 2011 jämförs andra undersökningar gjorda av Roelofsen (2001), Jensen (2009) och Seppänen (2006a) med hennes egen. Samtliga undersökningar kom fram till att ett PMV-värde strax under 0 är optimalt för produktivitet (se figur 7).



Figur 6. Produktiviteten i jämförelse med temperaturen.





Figur 7. Jämförelse mellan produktiviteten och den sjuskaliga PMV-skalan och forskningar gjorda av Li Lan, Roelofsen, Jensen och Seppänen.

### 2.1.2 Lösningar

Vanligaste orsaken till termiska problem är dålig temperaturregleringen i fastigheten. Regelbunden kontroll av byggnadens värmesystem, eventuella vattenburna system, temperaturmätningar och eventuella uppgraderingar av värmesystemet ökar möjligheterna för en behaglig inomhustemperatur. Åtgärder vid vattenburet system är rätt tillloppstemperatur, fungerande termostater, rätt flöde och tryck samt rätt dimensionerat system. Åtgärder som kan göras med ett luftbehandlingssystem är att anpassa luftflödet efter behovet. Även tilluftstemperatur bör anpassas så den är ca 3-4°C lägre än rumstemperaturen samt driften efter behov så att systemet enbart är igång när det behövs. Dock lönar det sig att starta ventilationen åtminstone en timme före anställda anländer samt en halvtimme efter dagens slut. (Ahl Sell Oy, Andersson, 2009)

## 2.2 Akustisk komfort

Akustisk komfort är tillståndet när invånarna inte utsätts för oplanerade ljud och vibrationer som upplevs som störande. Ifall personen finner ljudkällor eller vibrationer som upplevs som frustrerande, stressande, störande eller motbjudande, bör åtgärder göras för att eliminera dessa ljudkällor. Akustiska problem kan delas in i två kategorier: ljudkällor som upplevs som störande samt brist på privat kommunikation. Den första kategorin är inte enbart störande bakgrundsljud, som t.ex. byggnadsarbeten, utan ljud från telefoner, samtal och kontorstillbehör kan även upplevas som störande. Gränsvärden för buller finns i hälsovårdsministeriets anvisning om boendehälsa (2003) och finns i figur 8. Den andra kategorin är bristen på privat kommunikation, känslan att ens privatliv lider. Orsak till detta är ofta kontorets uppbyggnad, öppna kontorslandskap inkräktar ofta på privatlivet. Möjlighet till privata diskussioner kan åtgärda detta problem.

Det finns ett samband mellan akustisk komfort och produktivitet i kommersiella byggnader men trots det är ljudets roll liten vid byggnadens planeringsskeden. Detta kan resultera i nedsatt produktivitet bland dom anställda. Exempelvis öppna kontorslandskap lider ofta av dåliga akustiska egenskaper och brist på avskildhet, vilket kan resultera i nedsänkt produktivitet. Enligt de finländska föreskrifterna i C1 bör medelljudtrycksnivån vara max 33 dB och den maximala ljudtrycksnivån 38 dB för VVS-anläggningar i kontorsutrymmen. Ljudnivån (dB) kan mätas med en decibelmätare och bör fylla kraven i standarderna SFS 2877-1980 2 P./IEC 651 och IEC 804 (Miljöministeriet, 1998). (Horr, 2016)

**RIKTVÄRDEN FÖR BULLERNIVÅER I BOSTÄDER OCH ANDRA VISTELSEUTRYMMEN  
UNDER DAGEN OCH NATTEN**

Lägenhet och rum	$L_{Aeq,07-22\ h}$	$L_{Aeq,22-07\ h}$
Bostadslägenhet		
- boningsrum, utom köket	35 dB	30 dB <sup>2)</sup>
- övriga utrymmen i bostaden <sup>1)</sup> och köket	40 dB	40 dB
Vård- och socialvårdsanstalter, övernattningslokaler		
- patientrum, övernattningsrum	35 dB	30 dB
- daghem, rum avsedda för barns och personals vistelse	35 dB	30 dB <sup>3)</sup>
Samlings- och undervisningslokaler		
- klassrum, föreläsningssalar, kyrkor och andra rum, där allmänheten förutsätts uppfatta tal väl utan ljudförstärkare.	35 dB <sup>4)</sup>	-
- andra samlingsutrymmen <sup>4)</sup>	40 dB <sup>4) 6)</sup>	-
Arbetslokaler (med tanke på allmänheten)		
- mottagningsrum för allmänheten och kontorsrum	45 dB <sup>4) 7)</sup>	-

- 1) Övriga utrymmen i bostaden är bland annat badrum, bastu, klädkammare och grovkök. Om ett sådant utrymme eller kök bildar ett gemensamt rum med ett boningsrum, är värdet för boningsrummet riktvärde.
- 2) För musikbuller och lågfrekvensbuller som under natten hörs i bostädernas sovrum har nedan i punkterna 5.3 och 5.4 givits separata riktvärden.
- 3) Värdet tillämpas endast på rum där man sover nattetid.
- 4) Riktvärde den tid, under vilken allmänheten vistas i rummet. Ljudnivåerna får vara högre under sådana tider då allmänheten inte vistas i rummet. För klassrum för hörselskadade och språkundervisning rekommenderas riktvärdet 30 dB.
- 5) Andra samlingsutrymmen är till exempel entréhallar och restauranger i anslutning till samlingslokaler
- 6) I utrymmen, där den idkade verksamheten inte förutsätter att allmänheten uppfattar tal eller andra ljud, kan användas ett större riktvärde än 5 dB.
- 7) Om till exempel allmänhetens eller servicens intimitetsskydd förutsätter att tal inte skall höras från ett serviceställe till ett annat i samma rum, kan talet döljas med hjälp av ett reglerbart brus eller reglerbar bakgrundsmusik som är kraftigare än vad riktvärdet anger.

Figur 8. Krav på bullernivån.

### **2.2.1 Lösningar**

Problem med ljud på arbetsplatsen kan bero på två faktorer, ljudkällor som upplevs som störande samt brist på privat kommunikation. För att åtgärda störande ljud bör man hitta ljudkällan och antingen ta bort den eller försöka minska den. Detta kan uppnås med ljudisolering. Störande ljud från ventilation kan minskas med akustikprodukter som aggregatljuddämpare, kanalljuddämpare och ljuddämpande ytterväggsgaller. Upplever man brist på privat kommunikation däremot är det ofta kontorslandskapet som är problemet. Man kan göra ändringar i kontorslandskapet eller omplacera arbetsplatserna, skapa skilda rum för koncentrationskrävande arbete eller skilda rum för diskussioner. Materialvalet för väggar och tak är viktigt och vid behov kan ljudabsorberande material eller skärmar installeras. Utrustningen bör även väljas med tanke på ljudnivån och t.ex. skrivare kan placeras där dom inte stör dom anställda. Människornas beteende bör även tas i beaktande och vid behov bör åtgärder tas mot enskilda arbetare. Gränsvärden och anvisningar finns i Anvisning om boendehälsa utgiven av social- och hälsovårdsministeriet. (Horr, 2016, Andersson, 2009, s. 16-19)

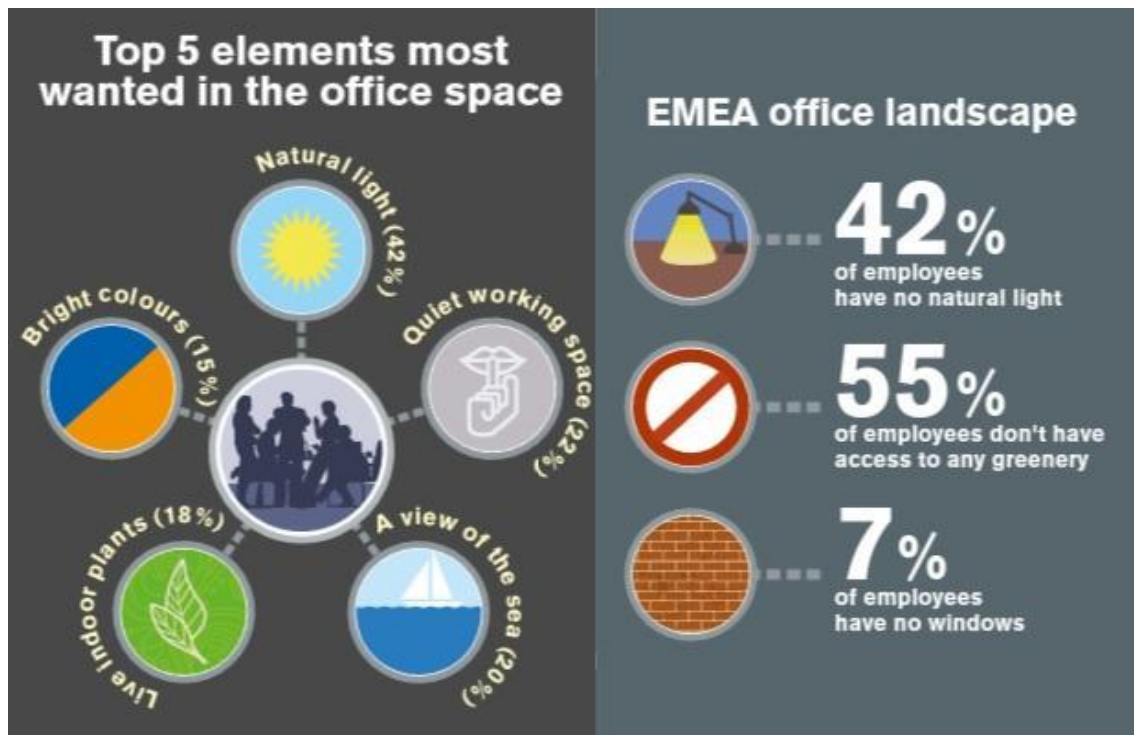
## **2.3 Visuellt komfort**

Den visuella komforten är upplevelsen av ljuset och vyn i utrymmet. Visuellt komfort uppnås när man har en god balans mellan luminansen, illuminansen och omgivningen. Clements-Croome presenterar i sin bok (2000, s. 208-210) sex ljusrelaterade faktorer som människor är beroende av, synlighet, möjlighet att utföra en uppgift effektivt, socialt beteende och kommunikation, välmående samt hälsa. Ljusets uppgift bör vara att tillfredsställa samtliga faktorer för att uppnå god visuellt komfort. Mätning visar att ljusnivån är mycket svagare inomhus än vad den är ute och med en befolkning som vistas mer och mer inomhus så är bristen på ljus ett problem. Speciellt dagsljus och naturliga inslag har ett tydligt samband med välmåendet. Ljus har även en inverkan på produktiviteten vilket gör den visuella komforten viktig i kontorslandskap. Visuellt komfort påverkas inte bara av ljusnivån utan även den direkta omgivningen. En viktig aspekt inom visuellt komfort är effektiv användning av utrymmet för att optimera

ljusanvändningen. Hot mot den visuella komforten är bristande eller obalanserat ljus, reflektioner och brister i kontorslandskapets uppbyggnad. (Horr, 2016, s. 7, Andersson, 2009, s.20-24)

Den visuella komforten inte bara är viktig för att uppnå ett gott inomhusklimat, utan även för välmåendet. Huvudvärk, ögonvärk, trötthet samt större sjukfall som SAD (Seasonal Affective Disorder) kan vara resultat av bristande ljus. Seasonal Affective Disorder är ett av dom mest studerade områden när det kommer till ljusrelaterade sjukdomar. Utan en tillräcklig mängd dagsljus påverkas människans dygnsrytm negativt och risken för depression ökar märkbart under vinterhalvåret och med ökande latitud. Undersökningar visar att endast 8,9 % i Sarasota, Florida (motsvarande latitud för Dubai) påverkas av SAD medan hela 30 % i Nashua, New Hampshire (motsvarande latitud för Rom). SAD påverkar i första hand vuxna i arbetslivet mellan åldern 20 och 40 år. Symptom är bristande koncentrationsförmåga samt trötthet och resulterar i nedsatt produktivitet. (Edwards, 2002, s. 8)

År 2015 gjordes en undersökning av Cary Cooper, *Human Spaces Report*, där 7600 kontorsanställda från 16 länder svarade på frågor angående inomhusklimat och välmående i kontorsmiljö. Resultaten visade att speciellt naturligt ljus och växter var viktiga för dom anställdas produktivitet, kreativitet och välmående. Dock svarade 47 % av deltagarna att dom inte har möjlighet till naturligt ljus. Storbritannien hade den högsta andelen naturligt ljus i sina kontor med 66 %. Naturligt ljus var även det mest eftertraktade i dom brittiska kontoren enligt dom anställda. På samma sätt svarade 58 % av deltagarna att dom saknade växter och naturliga inslag i kontorslandskapet. 23 % av deltagarna svarade även att kontorets uppbyggnad och design påverkar deras val att jobba för ett företag. Resultaten från undersökningen visade även att personer som arbetar i en miljö med naturliga element, som solljus och växter, har 15 % högre välmående, 6 % högre produktivitet samt 15 % mer kreativitet än dom som arbetar i kontor som saknar dessa naturliga inslag. EMEA (Europe, Middle East & Africa) gjorde en liknande undersökning 2014 och kom fram till liknande resultat (se figur 9). (Cooper C., 2015)



Figur 9: EMEA:s forskning angående kontorslandskap.

Seasonal Affective Disorder (SAD) är ett av dom mest studerade områden när det kommer till ljusrelaterade sjukdomar. SAD är inte enbart beroende på ljusets påverkan men det är den största faktorn. Utan en tillräcklig mängd dagsljus påverkas människans dygnsrytm negativt och risken för depression ökar märkbart under vinterhalvåret och med ökande latitud. Undersökningar visar att 8,9 % i Sarasota, Florida (motsvarande latitud för Dubai) påverkas av SAD medan hela 30 % i Nashua, New Hampshire (motsvarande latitud för Rom). SAD påverkar i första hand vuxna i arbetslivet mellan åldern 20 och 40 år. Symptom som bristande koncentrationsförmåga och trötthet resulterar i nedsatt produktivitet. (Edwards, 2002, s. 8)

### 2.3.1 Lösningar

En viktig aspekt inom visuell komfort är effektiv användning av utrymmet för att optimera ljusanvändningen. Hot mot den visuella komforten är bristande eller obalanserat ljus, reflektioner och brister i kontorslandskapets uppbyggnad. Ett välplanerat kontorslandskap som maximerar solljuset och använder sig av effektiv

belysning maximerar välmåendet och prestationsförmågan. För att kompensera bristen på solljus bör man utnyttja tillräcklig ljusstyrka utan att störande bländningar och reflektioner uppstår. Enligt Kolås Tore (2011, s. 14) är den elektronisk belysning för kontor optimal vid 500-650 lux för kontorslandskap med tanke på arbetsprestation ifall naturlig belysning inte är möjlig. Andra åtgärder man kan ta till för att minimera problemen är naturliga inslag. Utsikt över växter och rinnande vatten har en positiv inverkan, fastän det endast är frågan om en inspelning. Undersökningar visar att individer återhämtade sig bättre från stress när dom såg en video med naturliga inslag. (Andersson, 2009, s.20-24, Edwards, 2002)

## **2.4 Luftkvalitet**

Luftkvaliteten är nära relaterat till invånarnas välmående. Stor del av människor tillbringar över 90 % av sin tid inomhus, vilket resulterar i att luftkvaliteten har en direkt påverkan på välmåendet. Sambandet mellan luftkvaliteten och hälsan är väl känt. Luftkvaliteten kan bedömas utifrån tre olika faktorer, dess innehåll av föroreningar, människors upplevelse av luftkvaliteten och hur effektivt luftbytet är. Hälsorisker som huvudvärk, trötthet, andningsproblem och irritationer i näsa och hals kan uppstå vid dålig luftkvalité. Personer med astma och allergier har under dom senaste 30 åren ökat markant och studier visar ett samband med dålig luftkvalitet. (Sundell, 2004, s. 51-58). Orsaker till dessa symptom är biologiska föroreningar, kemikalier, partiklar och aerosoler i luften. Källorna till dessa föroreningar kan vara byggnadsmaterial, utrustning och människan eller uteluften. (Horr, 2016, s. 1-11, Reijula, 2004, s. 33-38)

Dålig inomhusluft är direkt relaterat till ekonomiska förluster pga. nedsatt produktivitet och sjukfall. Sjukfallens utsträckning varierar från person till person men de flesta reagerar på ett sätt eller annat på dålig luftkvalitet. Oron som uppstod kring produktiviteten och sjukfall gjorde att gränsvärden har utsatts kring kvaliteten på inomhusluften. Finlands miljöministerie har i sina föreskrifter i byggbestämmelsesamlingen D2 angående byggnaders inomhusklimat och ventilation

tagit fram gränsvärden och rekommendationer (se figur 10) som råder i Finland (Miljöministeriet, 2007). WHO behandlar dom farligaste kemikalierna i vår inomhusluft i sin bok samt farorna med dessa. Exempel på dessa är: kolmonoxid, formaldehyd, radon, styren, asbest, ammoniak och bensen (Adamkiewicz Gary, 2010).

Förorening	Enhet	Riktvärde för projektering Högsta halt
Ammoniak och aminer	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	20
Asbest	fibrer/ $\text{cm}^3$	0
Formaldehyd	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	50
Kolmonoxid	$\text{mg}/\text{m}^3$	8
Partiklar $\text{PM}_{10}$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	50
Radon	$\text{Bq}/\text{m}^3$	200 (årsmedelvärde)
Styren	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	1

Figur 10: Värden för föroreningshalter i inneluft för projektering och realisering av inomhusklimat i byggnader enligt Finlands byggbestämmelsesamling D2.

#### 2.4.1.1 Fukt- och mögelproblem

Enligt Arbetshälsinstitutets uppskattningar hittar man troligtvis fuktskador i varje byggnad ifall man undersöker tillräckligt noga. Största orsakerna till att fuktskador är så vanliga i Finland är många regn- och snö dagar samt ett varierande klimat. Andra orsaker är fukt från marken som har trängt in i byggnaden, brister i fukthanteringen, naturligt slitage på konstruktionen, dåligt valt byggnadsmaterial samt misstag i byggnadsskedet. (Reijula, 2012, s. 61)



#### 2.4.1.1.1 Mögel

Mögel är ett samlingsnamn på mikroskopiska svampar i form av hyfer, eller celltrådar, som är vanligt i matrester eller vått material. Mögel finns överallt, växer på fuktiga material och de flesta producerar sporer som släpps ut i luften. På vintern eller på välventilerade platser existerar det mindre sporer i luften än på sommaren eller på fuktiga platser. Problem med mögel uppstår när det har tillgång till fukt och har möjlighet att växa. Mögel kommer in i byggnader på flera olika sätt, varav den vanligaste är: läckage i konstruktionen, fukt som har trängt genom väggar, fönsterkarmar, dörröppningar pga. yttre väderförhållanden, rörläckage eller översvämning, defekt avloppssystem eller kondensering på kalla ytor. Den finländska social- och hälsovårdsministeriets förordning (545/2015, 5 §) säger, *”Fukthalten i rumsluften får inte långvarigt vara så hög att fukten orsakar en risk för mikrobiell tillväxt i konstruktioner, anordningar eller på deras ytor”* (Andersson, 2007, s.33-34)

#### 2.4.1.1.2 Hälsorisker

Studier har visat ett tydligt samband mellan fukt- och mögelproblem och hälsorisker som andningsproblem, astma och infektioner. Mängden sporer som är skadligt för människan är individuellt men vid högre sporhalter är risken för irritationer och sjukdomar högre. Undersökningar har visat att den lägsta nivån där målgruppen har reagerat på sporer har varit kring 4000-8000 sporer/m<sup>3</sup>. I normala inomhusklimat borde sporhalten ej överstiga 1000 sporer/m<sup>3</sup> (Andersson, 2007, s.33-34). Helsingfors universitetssjukhus hud- och allergiavdelning grundade 1995 en avdelning för inomhusklimatrelaterade sjukdomar. Största orsakerna för dessa insjukningar var bristande ventilation (82 % av fallen), fukt- och mögelproblem (62 %), inrednings- och materialproblem (57 %), tobaksrelaterade problem (30 %) och husdjur (29 %). (Hellgren, 2008, s. 58-63)

MVOC (microbial volatile organic compound) är lättflyktiga organiska föreningar som ofta uppstår vid mögels metabolism. MVOC är gaser och produktionsmängden och hälsorisken är beroende av arten av mögel som är källan. Tillväxthastigheten är

beroende av tillgången till näring, pH-värdet, temperaturen och fukthalten. MVOC förekommer också i miljön men även bland byggnadsmaterial, trafik, mänskliga aktiviteter, livsmedel eller rökning. (Andersson, 2007, s.33-34)

#### 2.4.1.1.3 Förekomst

I Finland är fukt- och mögelproblem mycket vanligt. I dagsläget har vi ca. 1,5 miljoner byggnader, av vilka 85 % är bostadshus och 15% övriga byggnader. Finländska miljöministeriets bedömning är att 7–10 % av små- och radhusen, 6–9 % av flervåningshusen, 12–18 % av skolorna och daghemmen, 20–26% av vårdinrättningarna och 5 % av kontoren är *allvarligt* fukt- och mögelskadad. I flervånings hus med allvarliga skador bor och jobbar 103 000–154 000 personer. I skolor och daghem handlar det om 172 000–259 200 och enbart i kontor 27 500–55 000 personer (Reijula, 2012, s. 11-13). I en undersökning gjord av folkhälsoinstitutet i Finland fann man att 82 % av alla egnahemshus som undersöktes (450 st.) hade fuktskador. 55 % av dessa var i behov av renovering eller vidare undersökning. Dom flesta fuktskadorna hittades i hus från 60- och 70-talet men även stor del från 50-talet. Orsakerna var läckage i sockeln (50%), takläckage (50 %) och rörläckage (33 %). Kommunförbundets undersökningar visar i sina undersökningar att orsakerna till fukt- och mögelrenoveringar var 42 % planeringsfel, 28 % byggnadsfel, 12 % underhållsfel, 4 % användningsfel och 1 % fel i energisparmetoderna (Reijula, 2012, s. 64-65).

#### 2.4.1.1.4 Mikrobmätningar

Mikrobmängden är svår att mäta i praktiken. Hälsoskyddslagen (1994, 20 §) säger att åtgärdsgränsen har överskridits när en mikrobiell tillväxt konstaterats och man kan exponeras för den när man befinner sig inomhus. Vidare står det i hälsoskyddslagen att mikrobiell tillväxt i byggnadsmaterial kan mätas med en serieutspädnings- eller direktodlingsmetod som grundar sig på odling av mikrober samt genom en mikroskopisk analys. Andra alternativ är luftprov som tas med 6-sekvensimpaktor eller analys av ett strykprov som har tagits från en yta och utförts genom serieutspädning. Luftproven räcker inte till i sig själv utan andra bevis på att åtgärdsgränsen har

överskridits bör finnas. Ett annat alternativ är mögelhund för att ta reda på ifall det förekommer mögel. Hundar är ett välfungerande instrument i jakten på mögel men fungerar endast ifall hundföraren är kompetent.

Vid ytmätningar mäter man mikrobmängden på ett materials yta. Resultat fås när man jämför värden som fått från en mikrobutsatt yta med motsvarande yta som inte har varit utsatt. På torra ytor är sporhalt sällan över 10 sporer /cm<sup>2</sup> (förkortningen kommer från engelskans cfu, colony forming units). Om den utsatta ytans sporhalt är över 1000 sporer /m<sup>2</sup> och är över 100 gånger större än jämförelsevärdet räknas det som mögel. Aktinobakterier kan vara skadliga för människan och dessa kan även mätas med ytmätning. Ifall den utsatta ytans mikrobmängd är 10 gånger större än jämförelsevärdet har man en aktinomycettillväxt (Social- och hälsovårdsministeriet, 2003)

Byggnadsmaterialmätningar kan tas ifall man misstänker mikrobproblem i byggnadsmaterialet. Ifall det utsatta materialets sporhalt är minst 100 gånger större än jämförelsevärdet existerar mögel i byggnadsmaterialet. Ifall jämförelsematerial inte är tillgängligt används gränsvärdet 10 000 sporer /g. Ifall materialet har under 10 000 sporer /gram kan man inte dra några slutsatser om materialets skick utan bör utföra flera undersökningar. Ifall bakteriemängden är över 100 000 sporer /g kan man konstatera att en bakterietillväxt existerar i materialet. Ifall aktinomycethalten är större än 500 sporer/g kan man konstatera att en aktinomycettillväxt existerar. (Social- och hälsovårdsministeriet, 2003)

Mikrobmängden i inomhusluften varierar ofta kraftigt. Fastän mikrobmängden är låg kan det ändå förekomma mögel eller röta. Detta resulterar i att man alltid bör ta flera mätningar (åtminstone 2-3 st.). Enligt hälsoskyddslagen skall ett luftprov tas i vistelsezonen på ca 1,1 meters höjd i mitten av utrymmet eller rummet. Provet tas i det rum eller vistelseutrymme som bäst representerar förekomsten av det som ska undersökas. Ventilationen i det utrymme där provet tas ska med tanke på exponeringen motsvara normala förhållanden. Fönster, ytterdörrar och vädringsluckor ska vara stängda under uppsamlingen av provet. Har man sporhalter över 500 sporer/m<sup>3</sup> vintertid är en mögelskada trolig. En aktinmycethalt på över 10 sporer/m<sup>3</sup> hänvisar till mögelskada och hälsorisk. Dock har aktinmyceten en större hälsorisk för människan än andra mikrober. En vanlig sporhalt är ofarlig upp till 10 000 sporer /m<sup>3</sup>. Undersökningar

har visat att den lägsta nivån där målgruppen har reagerat på sporer har varit kring 4000-8000 sporer/m<sup>3</sup>. I normala inomhusklimat borde sporhalten ej överstiga 1000 sporer/m<sup>3</sup> (Andersson, 2007, s.33-34). Höga sporhalter är en indikation på dålig ventilation. (Social- och hälsovårdsministeriet, 2003)

#### 2.4.1.1.5 Indikationer på fuktproblem

Lider en byggnad av fukt- och mögelproblem finns det oftast indikationer på dessa problem. Följande översikt bygger till stor del på Ingemar Samuelsons bok från 1999.

- Flagnad eller bubblig målarfärg på väggar, lister eller golv kan vara tecken på fukt. Även missfärgningar, saltavlagringar, skadat material eller synligt mögel är indikationer på skador.
- Luftfuktighetsmätningar och temperaturmätningar görs inne och ute. Dessa värden är viktiga för att utreda om det finns möjlighet till fuktproblem pga. fukthalten i inomhusluften. Psykrometer används oftast för att göra dessa mätningar.
- Fuktmätningar kan göras där misstankar finns eller med stickprovsprincipen. Notera att armeringsjärn och vattenrör existerar.
- Kondens på eller mellan fönster är indikation på hög luftfuktighet. Kondens på insidan av fönstret är tecken på hög fukthalt inomhus vilket kan bero på otillräcklig ventilation eller en fuktkälla inomhus. Kondens på fönstrets ytterrutas insida är indikation på fuktkonvektion som kan orsakas av övertryck inne i byggnaden. I detta fall kan man misstänka motsvarande fuktskador på väggar. Finns fukt mellan glasen kan detta bero på att fönstret är otätt och släpper in regnvatten. I detta fall är källan till problemet fönstret.
- Kondens i badrummet bör försvinna på ca 10-15 minuter annars kan man misstänka otillräcklig ventilation.

#### 2.4.1.1.6 Lösningar och åtgärder

Fukt- och mögelproblem löser man effektivast före problem uppstår. Genom förebyggande åtgärder kan man hindra dom flesta fuktrelaterade problem. Dessa

åtgärder bör dock göras i tid och oftast i bygg- eller renoveringsskedet. God kompetens och tillräckligt med tid maximerar möjligheterna för ett gott slutresultat. Samtliga gränsvärden och riktlinjer finns samlade i Finlands byggbestämmelsesamling. Speciellt viktigt är D1, delen om fastigheters vatten- och avloppsinstallationer. Renoveringar möjliggör förbättringar som bl.a. berör ventilation och värmesystem som kan förbättra både inomhuskvaliteten och minska energianvändningen. Dock bör man vara aktsam vid ombyggnader och nya energieffektiva system så att dom inte åstadkommer oväntade problem. En erfaren och kompetent byggherre möjliggör en säker och fungerande ombyggnad. (Reijula, 2012, s. 152-159)

Misstänker man att en byggnad har eventuella fukt- och mögelproblem bör man först utreda ifall det har förekommit motsvarande problem tidigare. Är det frågan om en ny skada bör man börja med en genomgående okulär granskning, dvs. en granskning som är utförd med synen. Denna granskning berör även ventilationssystem och andra tekniska källor som kan orsaka problem. Diskussion eller enkäter är ett bra tillvägagångssätt för att bygga en god grund för vidare undersökningar. Stöter man sedan på en eventuell fuktskada som bidrar till irritation hos personer bör man anlita experter för att säkerställa rätta åtgärder och goda resultat. Utredningsprocessen fortsätter med enklare tekniska mätningar som ytmätningar för att lokalisera problemet. Påträffar man höga värden bör man mäta den relativa fuktigheten i rummet samt utföra fuktmätningar inuti konstruktionen för att fastställa en fuktskada. Dock är det rekommenderat att anlita experter för utredningar kring fuktskador. (Reijula, 2012, s. 152-159)

Vill man minimera risken för att fuktskador uppstår kan vissa åtgärder göras utan experthjälp. Kartläggning av risker i fastigheten kan skötas av dom anställda med mest erfarenhet inom området. Kontinuerliga kontroller av fastigheten och speciellt ventilationen. Val av produkter som inte orsakar möjliga irritation- eller allergiproblem samt förbud eller minimering av tobaksanvändningen. Ledningen i företaget bör överse dessa alternativ och utse eventuella uppgifter inom företaget för att möjliggöra dessa åtgärder. Även fastighetens tekniska system bör överses ofta och förnyas vid behov. Systemens förnyelser och service får inte skjutas upp. (Reijula, 2012, s. 152-159)

Dagens vatten- och avloppssystem står för en stor del av våra fuktskador. Den aktuella vattenanvändningen i Finland är mellan 100 – 300 liter per person per dag vilket orsakar

stora påfrestningar på vattensystemet (Reijula, 2012, s. 74). Skador som orsakats av byggnadens vatten- och avloppskonstruktioner är oftast stora och medför dyra kostnader för användaren. Gamla rör och tvättmaskiner har ökat mängden fuktskador, speciellt i egnahemshus. Orsaken till detta är att man använder dessa system och maskiner alltför länge och förnyelse bör göras i tid för att undvika dessa problem. I Finlands byggbestämmelsesamling D1 angående fastigheters vatten- och avloppsinstallationer står det att alla rör bör monteras så att man kan kontrollera dem enkelt samt att vattenläckage skall upptäckas lätt. En kontinuerlig genomgång av rör och andra system samt maskiner minskar risken till läckage. (Reijula, 2012)

Vattenburna värmesystem medför alltid en risk för fuktskador. Är det frågan om mindre system upptäcks läckage relativt lätt så länge läckaget inte befinner sig bakom väggen. I större system kan små läckage vara svårupptäckta. Bör man tillsätta vatten i systemet kan ett läckage förekomma och en genomgång av systemet bör göras. Kompetens vid planerings- och installationsskedet minimerar risken för framtida fuktskador. (Reijula, 2012)

Med ventilationssystem är målet med fukthantering att genom tillräckligt luftbyte föra ut fukt samt åstadkomma en tryckskillnad som förhindrar fukt att tränga in i konstruktionen. Ofta strävar man till ett lågt undertryck i byggnaden för att förhindra fuktskador i byggnadens konstruktion. Stora tryckskillnader bör undvikas. Ett bra ventilationssystem håller även våta utrymmen, som annars löper stor risk för fuktskador, torra. Direktiv kring luftbytet finns i Finlands byggbestämmelsesamling, D2. I lufttäta byggnader är mekanisk ventilationen speciellt viktig för att upprätthålla ett hälsosamt inomhusklimat. Det är svårt att hindra snö och vatten för att tränga in i ventilationssystem men man kan vidta vissa åtgärder för att minimera mängden som användning av vatten- och snöavskiljning eller förvärmningsbatteri. Maskinerna, filtren, vattenlås och deras omgivning bör genomgå regelbundet för att minimera risker. Avlägsnandet av kondensvattnet kan även orsaka problem och bör även kollas regelbundet. (Reijula, 2012)

### 2.4.1.2 Kemiska ämnen

Vanligt förekommande föroreningar i inomhusluften är kvävedioxid (NO, NO<sub>2</sub>), flyktiga och halvflyktiga organiska ämnen (SVOC, VOC) och ozon. WHO har gjort en indelning av de flyktiga organiska ämnena beroende på deras kokpunkt (se figur 11). Man kan även räkna med partiklar och aerosoler i form av silikater, salter, oxider, svårflyktiga organiska ämnen samt pollen, sporer och bakterier. Dessa kemikalier finns i källor som utomhusluften, byggnadsmaterial, inredning, hushållsprodukter. Andra källor kan vara aktiviteter som matlagning, städning, hobbyer och biprodukter från människor (svett, utandningsluft, hudrester). (Socialstyrelsen, 2006, s. 8-9)

Världshälsoorganisationen (WHO) har rekommenderat en indelning av de flyktiga organiska ämnena, VOC, (från engelskans *Volatile Organic Compounds*), efter följande kokpunktsintervaller.

<0 till 50–100 °C	VVOC	mycket flyktiga
50–100 till 240–260 °C	VOC	flyktiga
240–260 till 380–400 °C	SVOC	halvflyktiga
>380 °C	POM	partikelbundna

Figur 11. WHO:s indelning av de flyktiga organiska ämnena beroende på deras kokpunkt.

VOC (Volatile organic compounds) är en organisk kemikalie som förångas vid låga temperaturer vilket resulterar i ett gasutsläpp redan vid rumstemperatur. Dessa gaser fyller hela utrymmet och tiden den stannar i luften är beroende på hur effektiv ventilationen är. Koncentrationen av VOC är oftast högre i nya byggnader jämfört med äldre. Forskningar visar att astma och allergifall har ett klart samband med kemikalier som förekommer i inomhusluften, speciellt flyktiga organiska ämnen. Dessa kemikalier har sin källa i olika material. I nybyggda eller nyrenoverade hus är emissionen från byggnads- och inredningsmaterialet. Efter några månader har denna emission minskat och kommer då huvudsakligen från bruksmaterial som används i vardagen. MVOC är lättflyktiga organiska föreningar som ofta uppstår vid mögels och bakteries metabolism och behandlas under rubriken Fukt- och mögelproblem. (Socialstyrelsen, 2006)

Kemiska föreningar förekommer allmänt i inomhusklimat och är oftast ofarliga i små mängder. Större mängder kan vara farliga och därför har social- och hälsoministeriet gett ut rekommendationer och gränsvärden för de vanligaste kemiska ämnena. I Bilaga

1 finns en lista som innehåller typiska koncentrationer för några av dom vanligaste luftföroreningar som finns inomhus i bostäder, kontor samt utomhus (Socialstyrelsen, 2006, s. 67-68). Värdena är i  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  samt i  $\text{mg}/\text{m}^3$  för kolmonoxid. (Social- och hälsovårdsministeriet, 2003)

#### 2.4.1.2.1 Flyktiga organiska föreningar

Åtgärdsgränsen för den totala halten av flyktiga organiska föreningar i rumsluften är  $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$  beräknad i toluenekvivalenter. Haltens åtgärdsgräns för en enskild flyktig organisk förening i rumsluften är  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  beräknad i toluenekvivalenter.

Åtgärdsgränserna för följande halter av flyktiska organiska föreningar i rumsluften beräknade i toluenekvivalenter finns i figur 12.

2,2,4-trimetyl-1,3-pentanediol di-isobutyrat (TXIB)	$10 \mu\text{g}/\text{m}^3$
2-etyl-1-hexanol (2EH)	$10 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Naftalen	Det får inte förekomma lukt, $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Styren	$40 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Figur 12. Åtgärdsgränserna för flyktiska organiska föreningar i rumsluften.

#### 2.4.1.2.2 Radon

Radon är en radioaktiv ädelgas och dess sönderfallsprodukter följer med inandningsluften till lungorna. Stråldosen som når lungorna ökar risken för lungkancer. Den största källan av radon i Finland är marken och utfyllnadsgruset. Från marken sprids radon in i byggnaden. Andra källor kan vara byggnadsmaterial. I dom högsta våningarna i höghus kan man utesluta marken som radonkälla utan där är källan byggnadsmaterialet. Enligt social- och hälsovårdsministeriets beslut (994/92) om maximivärden för radonhalten i rumsluft får årsmedelvärdet för radonhalten i rumsluften i en bostad inte överskrida 400 becquerel per kubikmeter ( $\text{Bq}/\text{m}^3$ ). Nya bostäder skall planeras och byggas så att årsmedelvärdet för radonhalten inte överstiger 200  $\text{Bq}/\text{m}^3$ . Med årsmedelvärdet för radonhalten avses ett medeltal av radonhalten som



har uppmätts under en ett år lång oavbruten period eller som har fastställts utgående från en sammanhängande period av minst två månader. Dessa riktvärden kan tillämpas på övriga vistelseutrymmen. (Social- och hälsovårdsministeriet, 2003)

#### 2.4.1.2.3 Formaldehyd

Formaldehyd är en av dom få flyktiga organiska ämnena som flera länder har lagt ett gränsvärde för. I Finland får det årliga medeltalet av inomhusluftens formaldehydhalt inte överskrida  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , och korttidsekvivalentnivån under en mätning på 30 minuter inte överskrida  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . (Social- och hälsovårdsministeriet, 2003)

#### 2.4.1.2.4 Kolmonoxid

Den tillfälliga halten av kolmonoxid i inomhusluften får inte överskrida  $7 \text{ mg}/\text{m}^3$ . (Social- och hälsovårdsministeriet, 2003)

#### 2.4.1.2.5 Tobaksrök

I inomhusluften får inte upprepade gånger förekomma sådan tobaksrök som kan urskiljas genom sinnesförnimmelser och som har spridits till bostaden eller vistelseutrymmet utifrån eller från ett annat ställe i byggnaden. Tobaksröken i inomhusluften får inte överskrida  $0,05 \mu\text{g}/\text{m}^3$  mätt som nikotinhalt. Hur röken sprids till inomhusluften kan förutom genom observation av röken genom sinnesförnimmelser och genom mätning av nikotinhalt utredas även genom spårgasmetoden. (Social- och hälsovårdsministeriet, 2003)

#### 2.4.1.2.6 Partikelformiga föroreningar

Halten av inandningsbara partiklar ( $PM_{10}$ ) i inomhusluften under en mätning på 24 timmar får vara högst  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Halten av småpartiklar ( $PM_{2,5}$ ) i inomhusluften under en mätning på 24 timmar får vara högst  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Åtgärdsgränsen för industriella mineralfiber som lagt sig på ytor under två veckor är  $0,2 \text{ fiber}/\text{cm}^2$ . Om det i damm som lagt sig på ytor förekommer asbestfiber, anses åtgärdsgränsen ha överskridits. Halten av asbestfiber i inomhusluften får inte överskrida  $0,01 \text{ fiber}/\text{cm}^3$ . (Social- och hälsovårdsministeriet, 2003)

#### **2.4.1.3 Kemiska mätningar**

Enligt hälsoskyddslagen skall ett luftprov ska tas i vistelsezonen på ca 1,1 meters höjd i mitten av utrymmet eller rummet. Provet tas i det rum eller vistelseutrymme som bäst representerar förekomsten av den kemiska förening som ska undersökas. Ventilationen i det utrymme där provet tas ska med tanke på exponeringen motsvara normala förhållanden. Fönster, ytterdörrar och vädringsluckor ska vara stängda under uppsamlingen av prov. Mättiden avser den uppsamlingstid för prov som anges i fråga om mätmetoden för varje kemiskt ämne. (Social- och hälsovårdsministeriet, 2003)

Flera metoder existerar för att granska kemikalier i inomhusluften men oftast görs provtagningen genom att föroreningar absorberas på filter. Detta sker antingen genom att filtret exponeras för inomhusluften i några dagar eller så pumpas provluften genom filtret. Från filtret kan man identifiera enskilda komponenter och avläsa kemikaliemängden. Dessa mätningar är kostsamma och garanterar inte resultat. Det finns även tillgängliga instrument för kommersiellt bruk. Man kan kategorisera dessa i tre detektionsprinciper, flamjonisationsdetektor (FID, Flame Ionization Detector), fotojonisationsdetektor (PID, Photo Ionization Detector) och fotoakustisk detektor (Photoacoustic Detector). Dessa är i allmänhet inte tillräckligt känsliga för att uppnå goda resultat. (Socialstyrelsen, 2006, s. 36-37)

## 2.4.2 Ventilationens inverkan på luftkvaliteten och produktiviteten

Ventilationen och tillräckligt luftbyte är viktig för ett gott inomhusklimat. För Finlands föreskrifter och anvisningar kring ventilation finns Finlands byggbestämmelsesamling D2 som behandlar byggnaders inomhusklimat och ventilation (Miljöministeriet, 2012). Ventilationssystemet uppfyller flera uppgifter som temperaturreglering och luftbyte som är viktigt för att uppnå ett behagligt inomhusklimat. I dagens läge existerar flera typer av ventilationssystem, självdragssystem, frånluftssystem och från- och tilluftssystem. Självdragssystemet (S-system) har inga fläktar som suger ut luften utan den ventileras naturligt genom skorstenen. Ett undertryck suger in ny luft genom uteluftsdon, fönster och läckage i byggnaden. Ett frånluftssystem (F-system) har fläktar från kök och våtrum som leder luft ut ur byggnaden. På samma sätt som vid självdrag sugs ny luft in genom uteluftsdon, fönster och läckage. Ett från- och tilluftssystem (FT-system) har fläktar som suger ut frånluften men som även suger in tilluften. Genom värmeåtervinning kan varm luft tas tillvara från frånluften. Ett sådant system kallas för FTX-system. Den totala eleffekt som ventilationssystemet förbrukar för att flytta en mängd luft kallas Specific Fan Power, SPF. Enheten är  $\text{kW}/(\text{m}^3/\text{s})$  och ett gott värde är  $2 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$  och värdet försämras ju högre siffra. (Andersson, 2009)

För att ventilationen skall kunna upprätthålla ett gott inomhusklimat bör kontinuerlig övervakning och service genomföras. Olika system har olika underhållsåtgärder men grundläggande kontroller och service kan man göra på samtliga system. Filter bör gås igenom och bytas enligt tillverkarens direktiv. Gamla filter höjer energianvändningen och kan sprida skadliga partiklar ut i fastigheten. Ventilationsdon och kanaler bör granskas och rengöras regelbundet. Regnskydd vid uteluftsdon bör granskas regelbundet eller installeras ifall det saknas. Kondensbildning i kanaler pga. dålig isolering är även en risk. Rengör fläktar, värmeväxlare och ventiler regelbundet. Byt vid behov till ett modernare styr- och reglersystem. (Andersson, 2009)

Enligt Clements-Croome (2000, s. 8-15) har förbättrad luftkvalitet stora möjligheter till bättre ekonomisk lönsamhet. Han uppskattar att en ökning av ventilationens energikostnader med 50% skulle endast kräva en höjning av produktiviteten med ca 0,25 – 0,5% för att vara lönsam. På motsvarande sätt skulle en investering på ca  $50\text{€}/\text{m}^2$

i förbättrad ventilation betalas tillbaka med en höjning av produktiviteten med ca 0,5%. Tillbakabetalningstiden för ett förbättrat ventilationssystem uppskattar han vara i medeltal 1,6 år och ett år i byggnader där ventilationen är bristfällig. Seppänen (2006b) skriver att en ökning i produktiviteten med 1% kan motsvara den årliga kostnaden för ventilationssystemet. Han skriver ännu att kostnader för installation och drift av ett nytt ventilationssystem kan betala in sig själv med en ökning av produktiviteten med under 10%. Seppänen skriver även att varje minskning av klagomålen bland anställda med 10% kring inomhusklimatet motsvarar en ökning av produktiviteten med 1%. (Wyon, 2000, s.233-254)

Ventilationssystemets uteluftflöde har även en inverkan i produktiviteten i kontorsutrymmen. Wyon (2000, s.233-254) skriver i sin artikel om en underökning där man höjde uteluftflödet från tre ( $\text{dm}^3/\text{s}$ )/person till 10 ( $\text{dm}^3/\text{s}$ )/person och kom fram till att produktiviteten ökade märkbart. Även vid ändringar upp till 30 ( $\text{dm}^3/\text{s}$ )/person gav märkbara resultat på att produktiviteten höjs med ökad ventilation. Man fann att en fördubbling av uteluftflödet per person ( $(\text{dm}^3/\text{s})/\text{person}$ ) resulterade i en höjd produktivitet med 1,8% vid intervallet 3 – 30 ( $\text{dm}^3/\text{s}$ )/person. På motsvarande sätt fann han en höjning av produktiviteten med 1,6% vid varje halvering av antalet personer i utrymmet. I Clements-Croomes artikel (2008, s. 69–78) uppskattades det att varje ändring med 1 ( $\text{dm}^3/\text{s}$ )/person mellan intervallet 0 – 25 ( $\text{dm}^3/\text{s}$ )/person motsvarade en ändring med 1,1 i relativa risken för att uppleva symtom. Detta motsvarar en ändring av ca. en procent för varje ökning av uteluftflödet med en ( $\text{dm}^3/\text{s}$ )/person. (Wyon, 2000, s.233-254)

David Wyon (2000, s.233-254) skrev att risken för frånvaro från arbetet pga. sjukdom är märkbart relaterat till ventilationens luftflöde. Han uppskattade att ett höjt uteluftflöde från 12 ( $\text{dm}^3/\text{s}$ )/person till 24 ( $\text{dm}^3/\text{s}$ )/person skulle spara företaget ca. 350 € per arbetare per år i och med minskad sjukfrånvaro. Det ökade luftflödets inverkan på produktiviteten har i detta fall ignorerats men skulle leda till ännu större ekonomisk lönsamhet. Enligt Arbetshälsoinstitutets undersökning Kunta10 har sjukfrånvaron för kontorsarbetare i Finland rört sig kring 16 dagar/år i medeltal. (Arbetshälsoinstitutet, 2014)

### **2.4.3 Lösningar och åtgärder**

I kontor där anställda upplever problem bör man göra en utredning kring vad som kan orsaka besvären. Är kemiska föreningar problemet är de viktigaste åtgärderna att identifiera och byta ut material som fungerar som källa till problemet. Efter att källan har tagits bort eller ifall det inte är möjligt att lokalisera en sådan källa är det viktigt att kontrollera och sköta om ventilationen och vid behov installera ett effektivare ventilationssystem. Luftbytet bör vara tillräckligt stort för att få ut alla eventuella gaser. Oftast avtar emissionen snabbt för byggnadsmaterial eller möbler och borde inte hinna ge upphov till några problem. Vill man vara på säkra sidan kan man öka ventilationen tillfälligt eller kontrollera eventuella emissionsproblem före införskaffningen. Upplever man att problemen inte försvinner kan man anlita byggnadsteknisk kompetens. (Socialstyrelsen, 2006, s. 33-36) Det finns ett flertal skrifter som mera utförligt beskriver undersökningsmetodik och olika mätmetoder. Några exempel är Att undersöka inomhusmiljön (Samuelson, 1999) eller Kemiska ämnen i inomhusmiljö (Socialstyrelsen, 2006).

## **2.5 Övriga faktorer som påverkar inomhusklimatet**

Enligt WHO:s definition är hälsa ett tillstånd av fullständigt fysiskt, psykiskt och socialt välbefinnande, inte endast frånvaro av sjukdom och funktionsnedsättning. Forskningar visar att påverkan av inomhusklimatet på dess invånare är väldigt komplicerad. Detta resulterar i att man bör ta i beaktande flera psykologiska faktorer när man behandlar inomhusklimat.

Inomhusklimatet kombinerat med psykologiska faktorer har resulterats i sjukdomsfall som SBS (Sick Building Syndrome). SBS är en samling hälsoproblem som uppstår i flesta fall i kontorslandskap och arbetsplatser. Symptomerna kring SBS är i flesta fall trötthet och huvudvärk men även irritation i ögon, näsa och luftvägar, hosta, snuva, depression och ljuskänslighet. Clements-Croome skriver i sin bok år 2000 att den största orsaken för SBS är både relaterade till inomhusklimatet men även till

organisationen och motivationen. Fysiska faktorer kan vara otillräcklig ventilation, obehaglig temperatur, luftfuktighet samt luftföroreningar. Andra orsaker kan vara att den anställdas personliga utrymme är för litet, låg moral, saknaden av uppskattning samt i allmänhet dåligt välbefinnande. Orsakerna kan även vara materialrelaterade som byggnadsmaterial, möbler eller kontorsutrustning eller dålig planering av utrymmet, med andra ord känslan av att vara instängd. (Horr, 2016)

### **2.5.1 Lösningar**

SBS har sin grund i dåligt inomhusklimat och den anställdas psykiska hälsa. Det bästa sättet att undvika eller lösa dessa problem är att förebygga dem. Fysiska åtgärder som rening av ventilation eller ökat luftflöde har varit effektivt i vissa fall. De Finländska byggbestämmelserna kräver ett minimivärde på 1,5 (dm<sup>3</sup> /s)/m<sup>2</sup> för kontorsutrymmen men forskning har även visat att ökad ventilation kan öka komforten, produktiviteten och minska risken för SBS. Förflyttning eller avlägsnande av möjliga irritationskällor, som syntetmaterial och möbler eller utrustning som misstänks orsaka irritation (t.ex. Fuktskadad matta, målarfärg). Förbudning av rökning eller förflyttning till område där röken ej påverkar. En annan viktig aspekt är kommunikationen, ju tidigare eventuella problem upptäcks och anmäls desto mindre lider man av konsekvenserna i framtiden. Undersökningar visar att inomhusklimat har en fördel av kontinuerlig övervakning av luftkvaliteten och föroreningar. Att tänka på är att även vattenrör och andra problemkällor borde vara under övervakning för att minska risken för läckage och fuktproblem. På detta sätt kan man i förväg undvika ett dåligt inomhusklimat som kan komma att påverka den anställdas psykiska hälsa. (Clements-Croome, 2000, Horr, 2016)

### 3 INOMHUSKLIMATETS INVERKAN PÅ PRODUKTIVITETEN OCH EKONOMIN

Produktivitet är grunden till ekonomisk lönsamhet för alla företag. Med löner som står för upp till 70-90 % av ett typiskt kontors utgifter har små skillnader i dom anställdas produktivitet en stor ekonomisk påverkan. Många undersökningar visar att det med förbättrat inomhusklimat finns möjlighet till höjd produktivitet och med det ekonomisk vinst. Dock har alla kontor inte samma möjlighet till förbättrad lönsamhet. Man har störst möjlighet till förbättrad lönsamhet genom förbättringar på områden som är i dåligt skick. Ifall ventilationssystemet är nytt är en uppgradering troligtvis onödig. Ifall ventilationssystem är föråldrat eller bristfällig finns stora möjligheter till förbättringar och därmed ekonomisk lönsamhet. Områden som påverkar inomhusklimatet i högre grad har även större påverkan på lönsamheten. (Clements-Croome, 2000) Även fukt- och mögelskador bland Finlands byggnadsbestånd har en stor ekonomisk påverkan med skador som är värderade till 13–28,2 miljarder euro. År 2010 gick omkring 1,5 miljarder euro åt till reparationer av allvarligt fuktskadade byggnader i Finland. (Reijula, 2012, s. 11-13)

Clements-Croome skriver i sin bok *Creating the Productive Workplace* (2000 s. 3-15) att lönsamheten med ett förbättrat inomhusklimat är stor samt att en höjning av produktiviteten med upp till 10 % är möjligt med smarta inomhusklimatrelaterade lösningar. Enligt Clements-Croome är det enkelt att höja produktiviteten med 1,5% i byggnader som är relativt ”hälsosamma”, dvs. att inomhusklimatet är i relativt gott skick, samt upp till 6% i byggnader som är ”ohälsosamma”. I USA analyserades kring 50,000 kontor och uppskattade att 20 % var ”hälsosamma” och att åtgärder inte behövdes på dessa byggnader. 40 % av kontoren var relativt ”hälsosamma” och hade en möjlighet att höja produktiviteten med 1,5 % med ett förbättrat inomhusklimat. Resterande 40 % var ”ohälsosamma” kontor som hade möjlighet till en ökning av produktiviteten med 6%. Med andra ord fanns det möjlighet till höjd produktivitet i 80% av dom undersökta byggnaderna. Clements-Croome uppskattar att dom flesta investeringar har en återbetalningstid på två till fyra år.

Produktivitet är dock svår att mäta pga. den stora variationen av arbete som kan utföras i ett kontor. Clements-Croomes beskriver i sin bok (2000 s. 8) att en ökning av produktiviteten sker när personer kan utföra ett arbete snabbare, mer precist och under en längre tid. Det betyder även att inlärningsförmågan ökar samt att man arbetar mer kreativt och hanterar stress bättre. Enligt Clements-Croomes finns det ett samband mellan höjd produktivitet och välmående, hög moral samt viljan att ta på sig mera ansvar. Clements-Croome (2000, s. 133-137) och Seppänen (2005, s. 541-551) beskriver produktivitet som samspelan av flera faktorer (Se figur 13). Går man ännu djupare beskriver Clements-Croome att produktivitet påverkas i första hand av individens mänskliga faktorer som välmående (psykisk och fysisk hälsa), möjligheten att utföra arbete (kan hindras av sjukdomar), motivation, tillfredsställelse över arbetsuppgiften samt kompetens. Dom mänskliga faktorerna påverkas däremot av den omedelbara omgivningen och inomhusklimatet genom temperaturen, fuktigheten, ventilationen, ljussättningen samt symptom och sjukdomar som personerna lider av (se figur 14).

Clements-Croome (2000, s. 8) listade dom faktorer som har störst påverkan på produktiviteten som:

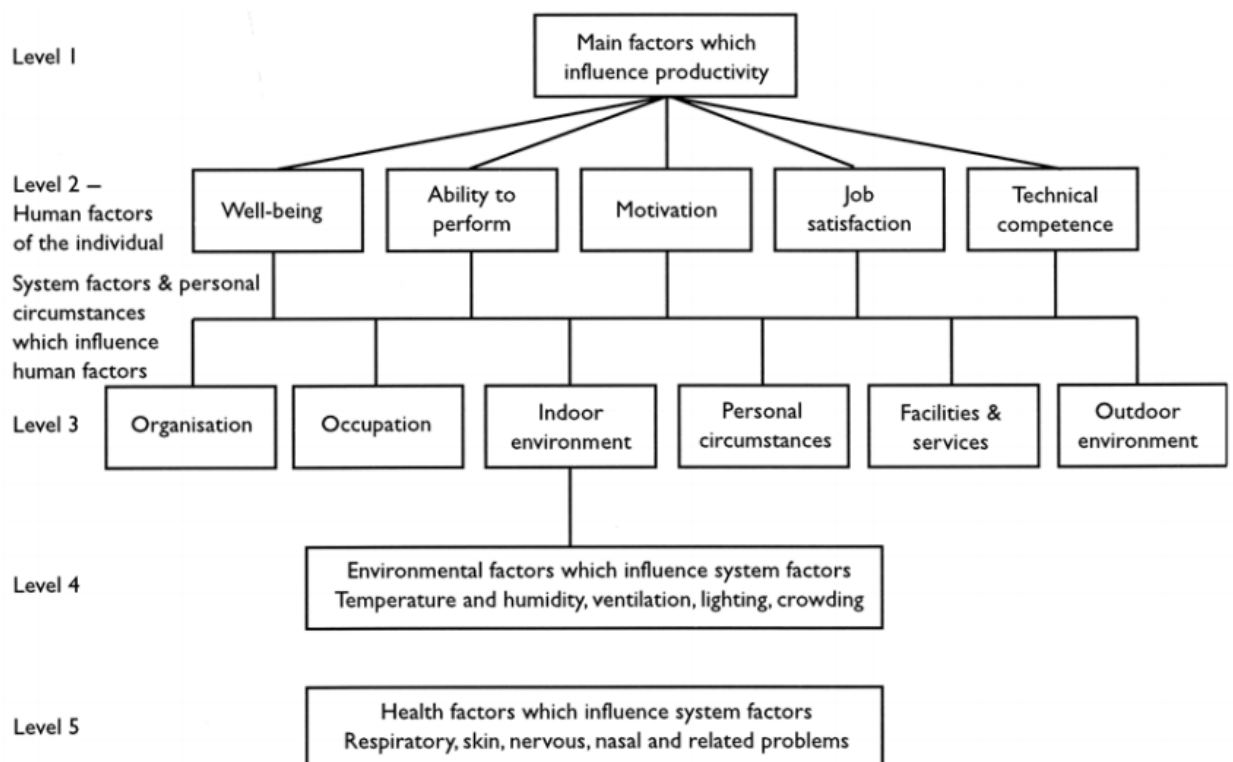
- Hälsokostnader inklusive sjukledigt, olyckor och skador.
- Avbrott i jobbet
- Snabbheten och noggrannheten av utfört jobb
- Bedömningar av produktivitet, hälsa och välmående vid jobbet
- Självevaluering
- Förberedelser och evaluering kring framtiden
- Kostnader för produkten eller tjänsten
- Anställdas villighet att ställa upp vid behov utöver deras arbetsplan
- Tidseffektivitet

Även om inomhusklimatet inte berör alla punkter direkt så påverkar den dom flesta i varierande grad. Inomhusklimatet påverkar bl.a. hälsokostnader i stor grad (sjukdomar, symptom), avbrott i jobbet i form av olika störningar, snabbheten och noggrannheten, bedömningar av produktiviteten, hälsa och välmående och självevaluering till en viss grad.





Figur 13. Produktivitet som beskriven av Clements-Croome och Seppänen.



Figur 14. Faktorer som berör produktiviteten som beskriven av Clements-Croome.

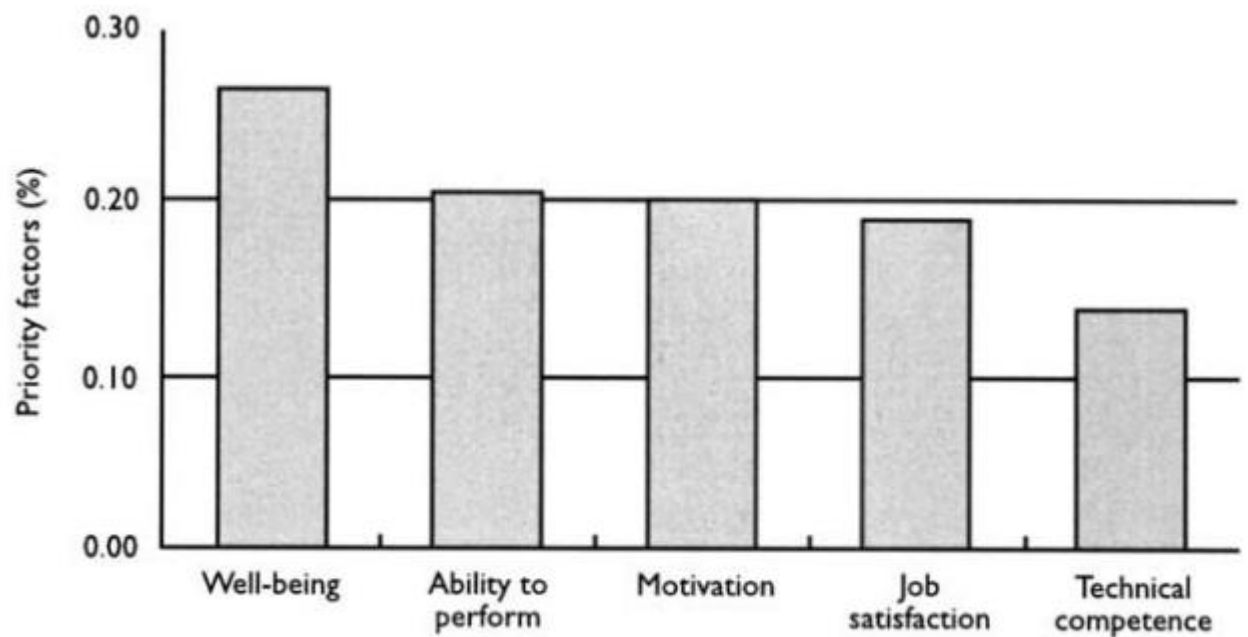
### **3.1 Övriga faktorer som inverkar på produktiviteten**

Undersökningar har även visat att faktorer som personlig kontroll, snabb feedback och byggnadens djup har inverkan på produktiviteten i kontorslandskap. Clements-Croome (2000, s. 172-183) skriver att anställda är mer toleranta över inomhusklimatet ju mer möjlighet dom har att själv påverka. Saker som brytare, persienner och möjlighet att öppna fönster har en märkbar påverkan på dom anställda och hur dom upplever inomhusklimatet. Enligt Clements-Croome är möjligheten att påverka inomhusmiljön en av dom viktigaste faktorer för anställda när det kommer till inomhusklimatet, följt av möjligheten att påverka ljudnivån. Han skriver även om vikten av snabb feedback när det kommer till kontorsanställda. Ifall personlig kontroll saknas eller lider kan feedback om klagomål och förslag till förändringar ersätta det till en del. Förmågan att möta dom anställdas behov snabbt i frågor kring inomhusmiljön och välmående undviker också många problem. Byggnadens djup berör även produktiviteten och välmåendet i ett kontor. Enligt Clements-Croome sjunker den allmänna trivseln och produktiviteten ju djupare byggnaden blir. Med djup menas avståndet mellan väggarna i kontoret. Ett djup på 12 m mellan väggarna uppskattas vara optimalt. Kontor med mindre djup än 12 m har fördelar som mera tillgång till fönster, dagsljus och utsikt men är ofta dyrare.

### **3.2 Inomhusklimatets inverkan på stress och välmående**

Inomhusklimatets lönsamhet finns inte enbart i frånvaro av sjukdomar utan även i förbättrade arbetsmöjligheter. En god arbetsmiljö förser arbetarna med en känsla av välmående samt en stressfri omgivning. Undersökningar visar att anställda som är missnöjda med sina jobb lider större risk att insjukna inomhusklimatrelaterade sjukdomar. En undersökning gjord bland 480 kontorsarbetare i England kom fram till att välmående och möjligheten utföra arbete är dom faktorer som påverkar produktiviteten mest (se figur 15). Ett gott inomhusklimat står som grund för den

anställdas fysiska och psykiska hälsa och påverkar på detta sätt välmåendet i hög grad. Inomhusklimatet bör vara på sådan nivå att det förser dom anställda med en god inomhusmiljö fri från störningar. Ett gott inomhusklimat höjer produktiviteten medan ett dåligt inomhusklimat minskar det. (Clements-Croome, 2000, 130–164)



*Figur 15. Undersökningen kring faktorer som påverkar produktiviteten i England.*

En undersökning bland 7000 arbetsplatser har arbetsrelaterad stress blivit det största hotet mot anställda i England (Clements-Croome, 2000, s 13). Enligt undersökningen orsakar arbetsrelaterad stress kostnader upp till 79 miljarder pund i form av 40 miljoner frånvarodagar varje år. En annan undersökning gjord av P. Burge (2004, s. 185–190) i ett kontor med 2500 arbetare i England där man räknade med att varje anställd var sjuk en dag per år samt förlorade en arbetstimme per månad pga. SBS (Sick Building Syndrome). Detta resulterade i en förlust på £400 000 per år. Kontor kan i många fall vara formade väldigt praktiska och utan tanke på dom anställdas välmående. Clements-Croome (2000) skriver att moralen och välmåendet bland dom anställda är viktig för

produktiviteten. Dom anställda tillbringar en stor del av sin tid på kontoret och allt som dom upplever påverkar deras välmående. Inomhusklimatet skall inte enbart minska sjukfallen utan även sträva till att höja produktiviteten och komforten. Den visuella aspekten av inomhusklimat är inte enbart en miljö fri från störningar i form av ljus utan även en visuell miljö som gynnar produktiviteten. Därför bör även kontorets form och design tas i beaktande för att skapa en stressfri miljö som optimerar välmåendet.

### **3.3 Investeringar och sparåtgärders inverkan på produktivitet**

Man kan öka lönsamheten i ett företag genom sparåtgärder eller ökad produktivitet. Enligt Clements-Croome (2010) borde smarta lösningar och potentiella investeringar med hög lönsamhet alltid vara målet när man vill förbättra inomhusmiljön, inte dom omedelbara utgifterna. Oftast ser man enbart den omedelbara lönsamheten i och med sparåtgärder men förbiser konsekvenserna på lång sikt. När det kommer till inomhusklimatet bör man dock vara försiktig med sparåtgärder. Flera undersökningar visar den märkbara lönsamheten med investeringar gentemot sparåtgärder. Vidare skriver Clements-Croome att genom fokusering på fördelarna med ökad produktivitet har åtgärder som berör inomhusklimat gått från ett energi-sparande tankesätt till ett som optimerar produktiviteten. Enligt Clements-Croome är lönsamheten större i investeringar kring inomhusklimat än besparingar.

En undersökning i Clements-Croomes bok (2010 s. 13-14) behandlar ett par exempel på klimatsystemets påverkan på produktiviteten i förhållande till personalkostnader. En undersökning gjordes på ett kontor i USA 1994. Energianvändningen var ca. 20\$ per m<sup>2</sup> medan dom totala kostnaderna var ca. 3000\$ per m<sup>2</sup>. I detta fall har en ökning av produktiviteten med 1% en större ekonomisk betydelse än en 100% insparing på energianvändningen. Enligt Clements-Croome har en liten inverkan på arbetarnas produktivitet en märkbar påverkan företagets lönsamhet. Figur 16 visar ett annat exempel för kostnader i kontor och den största utgiften står dom anställda för. I detta exempel skulle en sparåtgärd på 30% av ventilationskostnaderna spara ca. 3 € per kvadratmeter enligt Clements-Croome. Uppskattar man att produktiviteten sänks med

3% som ett resultat av denna sparåtgärd motsvarar det en kostnad på ca. 50 € per kvadratmeter (Clements-Croome, 2000, s96). I dagens läge är det svårt att jämföra kontor och deras produktivitet och lönsamhet pga. den stora variation av arbete som utförs i dessa men detta exempel av Clements-Croome ger en bild av förhållandet mellan ökad produktivitet och inbesparingar.

<i>Item</i>	<i>\$/square foot</i>
Rental income	10.00–20.00
Operating expenses	
HVAC energy	0.75–1.00
HVAC maintenance	0.30–0.50
Cleaning	0.75–1.00
Grounds	0.30–0.60
Leasing	0.20–1.75
Tenant expenses	
Employees	150.00–200.00

*Figur 16. Kostnader för ett kontor.*

Enligt Clements-Croome (2010) finns det ett par sätt man kan minska kostnaderna kring inomhusklimatet utan att riskera nedsatt produktivitet. Energiminskning genom uppgraderat värme- samt ventilationssystem, energiminskning genom förbättrat underhåll samt effektivare städning. Clements-Croome (2010, s. 93-95) ger som exempel inomhusklimatrelaterade uppgraderingar som har gjorts på kommersiella byggnader (ej industrier) med engångskostnader kring 88 miljarder dollar samt en årlig kostnad på kring 5 miljarder dollar. Dessa uppgraderingar gav en ökad produktivitet och förbättrad hälsa för dom anställda som uppskattades ge en ökad årlig lönsamhet på ca. 63 miljarder dollar vilket gav en återbetalningstid på 1,6 år. I Clements-Croomes (2000, s. 100-103) artikel skriver han även om en undersökning kring sju byggnader i USA där man kom fram till att det är relativt enkelt att hitta energismarta lösningar och uppgraderingar till de befintliga system som redan fanns. Tillbakabetalningstiden på dessa uppgraderingar var i medeltal 0,67 år. Dessa åtgärder sänkte energikostnaderna i medeltal med 10%. Dessa lösningar är inte möjliga i alla kontor men Clements-

Croomes exempel visar möjligheterna och lönsamheten med förbättrat inomhusklimat i typiska kontorsmiljöer och ger riktlinjer för framtida investeringar. Andra undersökningar visar att många problem skulle undvikas ifall värme- och ventilationssystemen skulle skötas rätt. Sköts underhållet rätt minskar man även på kostnaderna. Forskningar visar även att städning är en viktig del för att upprätthålla ett gott inomhusklimat. Dock är det möjligt att minska behovet av städning med egna åtgärder som förbättrad sortering och renlighet på arbetsplatsen. (Clements-Croome, 2000)

Clements-Croome (2010, s. 99) beskriver följande åtgärder på energianvändningen som har liten eller ingen negativ inverkan på inomhusklimatet:

- Kanalers samt rörens isolering
- Interna laster som belysning, datorer mm.
- Uppgraderingar i ventilationssystemet (fläkt, motor, filter)
- Uppgraderingar i värme/kylsystemet
- Energiåtervinning (värmeåtervinning)
- Materialval för möbler, inredning, maskiner
- Tillvägagångssätt vid eventuella reparationer eller renoveringar så att dom inte orsakar irritationer
- Regelbundna och rätta filterbyten
- Sophantering, sortering och städning
- Rökförbud
- Nattkyla
- Förebyggande service
- Städning och genomgång av ventilation och värme/kylsystem
- Kalibrering av termostater och olika system

Åtgärder man bör vara försiktig med enligt Clemens-Croome:

- Minskning av tilluften eller andra luftflöden
- Sena starter av ventilations- och värme/kylsystemet på morgonen och tidiga stopp på eftermiddagen i syfte att spara energi.

- Brett temperatur- och luftfuktighetsintervall som accepteras i syfte att spara energi.

## 4 TILLVÄGAGÅNGSÄTT VID UTREDNINGAR

I dagens läge är det inte acceptabelt att behöva lida av irritationer vid arbetsplatsen. D. J. Clements-Croome skriver i sin bok *Creating the Productive Workplace* (2000) att en komplett undersökning kring inomhusklimatet borde innehålla analyser kring ljusnivåerna, ljudnivåerna, kontorsuppbbyggnaden, byggnads- och utrustningsmaterial, CO<sub>2</sub>-nivåer, strålningsnivåer samt damm- och partikelnivåer. Clements-Croome skriver även om vikten av välbefinnande vid arbetsplatsen och dess ekonomiska fördelar. Därför bör man alltid sträva till att förbättra arbetarnas hälsa när man överväger åtgärder angående inomhusklimatet. Dock finns det inga klara gränser när man ska vidta åtgärder när arbetare upplever olägenheter pga. dåligt inomhusklimat. Hälsoskyddslagens direktiv ger en bra grund vid undersökningar men det existerar inte klara gränser när man behöver ta till åtgärder, som ofta är dyra. Mikrobmätningar är även svårtolkade och kan i flera fall vara vilseledande. Bästa sättet att åtgärda eventuella inomhusklimatproblem är att upptäcka dem i tid och fastställa källan till problemet. Ju längre personer lider av dålig inomhusluft desto mer påverkas man. Därför bör man utgå ifrån hur personerna som vistas i byggnaden upplever luftkvaliteten. (Andersson, 2009)

Det finns ett antal risker när man börjar utredningar kring inomhusrelaterade problem. Det första är kompetensen hos beställaren. Beställaren bör inse att detta är avancerade problem och att man bör agera rätt och systematiskt. Det andra är att man utför åtgärderna i fel ordningsföljd. Det viktigaste när man behandlar inomhusrelaterade problem är att börja från grunden och skapa information kring problemet samt att identifiera källan tidigt. Att inleda med dyra och avancerade mätningar ger ofta komplicerade svar som är svårtolkade när man saknar information kring grunden till problemet. Andersson (2007, s. 33-34) skriver i sin artikel att man bör arbeta efter etablerade strategier och genomföra utredningen och åtgärder stegvis samt att krav skall ställas på utredaren i frågor angående tillvägagångssätt och vilka resultat man kan vänta sig. Andra frågor man kan ställa utredaren är varför och vad man ska mäta, hur det

mäts, sannolika hypoteser hos utredaren, hur resultaten tolkas samt hur man framskrider efter resultaten. (Andersson, 2009)

För att bygga en bra grund för utredningen krävs så mycket information kring problemen som möjligt. Grund till detta är god kommunikation mellan arbetsgivare och arbetstagare. Ju mer information man har och desto snabbare den fås förbättrar möjligheterna för en lyckad utredning. Detta är möjligt genom att intervjua arbetarna och utdelning av standardiserade enkäter. Ett frågeformulär som ofta används är Örebromodellen, MM 040 NA (bilaga 2). Örebromodellen tar i beaktande bakgrund, arbetsmiljö, arbetsförhållanden, symptom och en beskrivning av arbetsmiljön. Det finns enligt Clements-Croome (2007, s 13, s 141) många varningstecken ifall produktiviteten lider på ett kontor. Tecken som ökad sjukledighet, sena ankomster, tidigare hemgång, längre matpauser, ökat antal olyckor och mindre produktion. I dessa fall bör man se över inomhusklimatet för att garantera att det inte är det som orsakar problemen. Ett frågeformulär är då ett bra alternativ. Ett sådant frågeformulär skapar en god grund för framtida utredningar och med dess resultat kan man vid behov utföra lämpliga tekniska mätningar. Dessa mätningar har gått igenom under rubriken ”inomhusklimatrelaterade problem”. Denna strategi har använts i flera decennier och har fungerat väl. WHO rekommenderade detta tillvägagångssätt redan på 1980-talet. (Andersson, 2009)

## **5 720 DEGREES OY:S LÖSNINGAR**

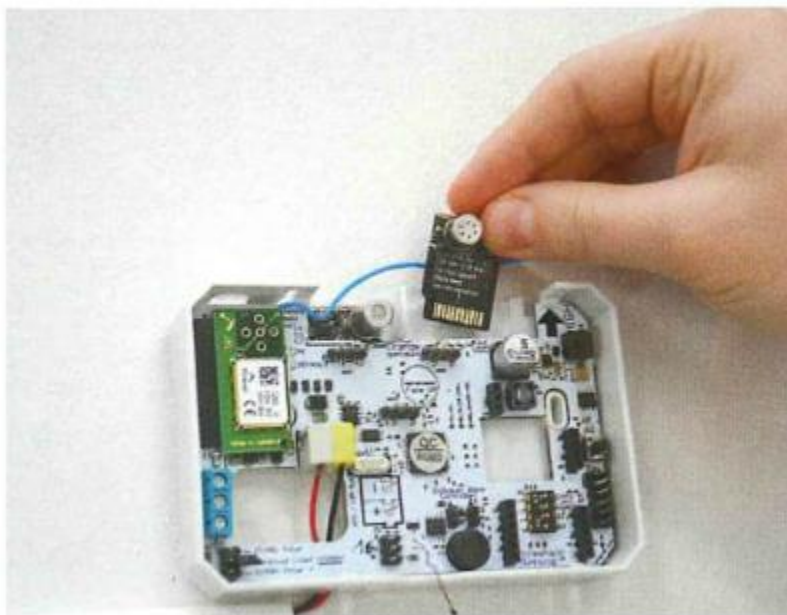
720 Degrees Oy är ett företag grundat i Helsingfors 2012 som erbjuder analyser av inomhusklimatet. Deras egenutvecklade lösning ger mätdata i realtid angående luftkvalitet, termisk komfort samt ljudnivåer. Med hjälp av sensorer utplacerade i fastigheten levereras resultaten trådlöst till molnlagring där man kan ta del av mätdata i realtid med hjälp av en elektronisk anordning (dator, telefon mm.)

Syftet med tjänsten är att undvika onödiga mätningar på inomhusklimatet som är dyra, svårtolkade och tidskrävande. I dagsläget kan väntetiden på luftkvalitetsmätningarnas resultat vara flera månader och med ett inomhusklimat som ständigt varierar kan mätningarna vara meningslösa. I många fall kan temporära problem med

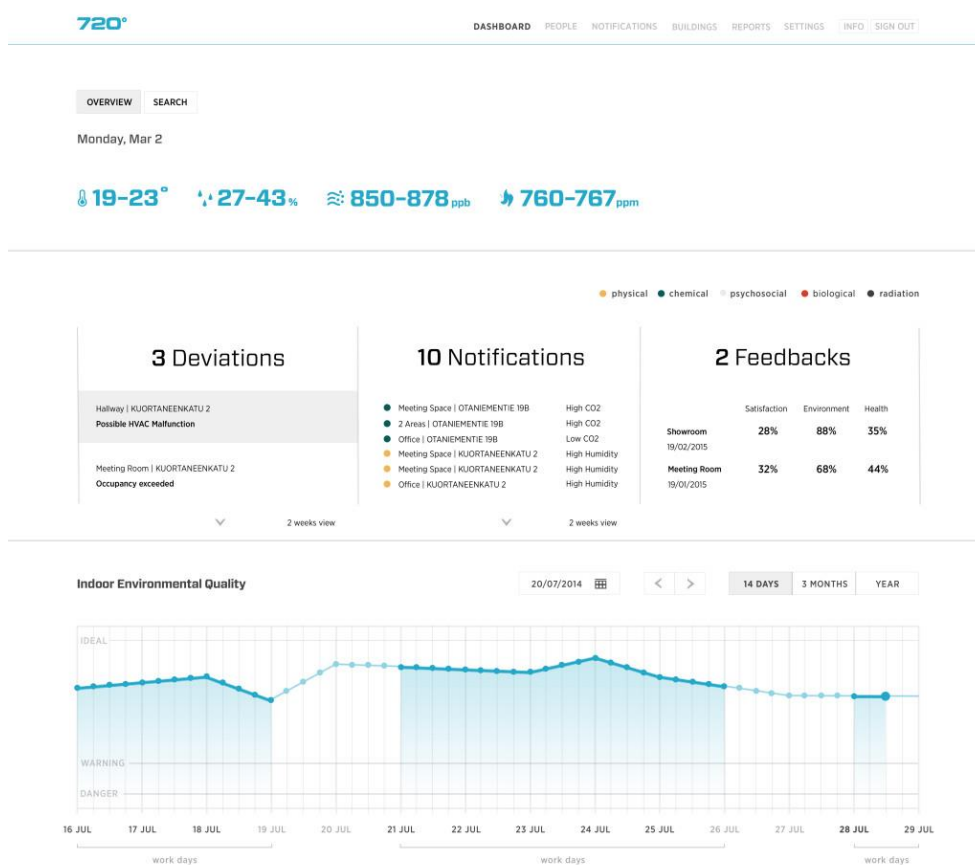


inomhusklimatet vara tillräckliga för att en undersökning skall startas. I sådana fall kan dom temporära problemen ha försvunnit eller ändrats före resultaten hinner analyseras.

Fördelarna med 720 Degrees Oy:s tjänst är att dem producerar resultat omedelbart efter installationen. Deras produkts sensorer gör mätningar som inkluderar temperatur, relativ fuktighet, Volatile Organic Compounds (halvflyktiga organiska ämnen), koldioxid, mindre partiklar ( $1\mu\text{m}$   $2,5\mu\text{m}$  and  $10\mu\text{m}$ ) samt ljudnivåer med en Voice Activity Detection (VAD) algorithm. Figur 17 ger en översiktssbild på deras sensor. Genom att applicera sensorer i varje rum kan källan till eventuella problem lokaliseras. Resultaten transporteras via molnlagring till din anordning (dator, telefon mm.) via en applikation (se figur 18). Applikationen alarmerar när något gränsvärde har överskridit. Sensorerna kan uppfatta partiklarnas rörelse vilket skapar en bild över inomhusklimatet i utrymmet och därmed kan applikationen hitta källan till problemet och kan ge rekommenderade åtgärder för att lösa det (se figur 19).



*Figur 17: 720 Degrees Oy:s sensor*



Figur 18. Allmän översikt över 720 Degrees Oy:s applikation.

💡 Suggestions		
Sensors	STE	Actions/Benefits
Possible HVAC Malfunction		Check HVAC system / Prevent discomfort and possible health complications of occupants
- BBLA Office IAQ	0.59%	
Persistent VOCs emission		Use VOCs free cleaning and hand-wash products / Prevent allergic reactions and headaches
- BBLA Office IAQ	0.3%	
Short-term odor		Sensitize on fragrance free politics / Prevent discomfort and allergic reactions to fragrance products
- BBLA Office IAQ	0.75%	
⌵ Show more		

Figur 19. Råd och rekommenderade åtgärder i 720 Degrees Oy:s applikation.

## 6 FRAMTIDEN OCH NYA DIREKTIV

EU:s nya klimatpolitik innebär drastiska förändringar för Finlands energipolitik och berör vårt byggnadsbestånd och dess inomhusklimat i hög grad. Målet är att minska utsläppen av växthusgaser så att klimatförändringen inte orsakar större ökning av temperaturen än två grader Celsius. EU kommissionen uppskattar att man bör minska utsläppen med mellan 80 och 95 procent innan år 2050. För att uppnå detta EU tagit fram mål för medlemsländerna. I Finland bör utsläppen av växthusgaser och energianvändningen minskas med 20 procent och den förnybara energiproduktionen och energieffektiviteten bör stiga med 20 procent fram till 2020. Fram till 2030 bör utsläppen av växthusgaser minska med totalt 40 procent och den förnybara energiproduktionen samt energieffektiviteten bör stiga med totalt 27 procent. Dessa värden jämförs med dom som uppmättes år 1990 i Finland. Orsaken till att dessa direktiv berör byggnadsbeståndet i så hög grad är att de energirelaterade utsläppen står för nästan 80 procent av EU:s sammanlagda växthusgasutsläpp och att byggnadsbeståndet står för omkring 40 procent av den totala energiförbrukningen i Finland. För att uppnå dessa mål bör man sänka energianvändningen radikalt i byggnadsbeståndet. (EU, 2009, EU, 2010, EU, 2012, Europeiska Kommissionen, 2010)

För att kunna uppnå EU:s mål har ett flertal direktiv getts ut åt medlemsländerna angående åtgärder och krav som varje medlemsland bör uppfylla. Direktiv som påverkar byggnadsbeståndet i Finland är direktivet om energieffektivitet (2012/27/EU), byggnadens energiprestanda (2010/31/EU) och direktivet om ökning av förnybara energiformer (2009/28/EY). Alla direktiv påverkar inte byggnadsbeståndet och inomhusklimatet direkt utan påverkar genom dom åtgärder och lagar som har gjorts för att uppnå de mål och krav som finns i direktiven. Områden som berörs mest är byggnaders energianvändning och bestämmelserna kring nybyggen och renovationer. Andra ändringar i lagstiftningen som resultat av EU:s direktiv är ändringar av markanvändnings- och bygglagen (1999) som berör energieffektivitetens roll bland byggnader i Finland. (EU, 2009, EU, 2010, EU, 2012)

## **6.1 Direktivet om energieffektivitet, 2012/27/EU**

Direktivet om energieffektivitet, 2012/27/EU, trädde i kraft i december 2012 och ersatte kraftvärmedirektivet (2004/8/EG) och energitjänstedirektivet (2006/32/EG). Direktivet sätter krav på medlemsländerna att fastställa nationella åtgärder för att uppnå EU:s mål om 20 procent ökad energieffektivitet till 2020, utgående från slutlig energianvändning eller primärenergiförbrukning. Direktivet sätter krav på Finlands byggnadsbestånd delvis i form av åtgärder på den offentliga sektorns fastigheter men till största del av den nationella energianvändningens minskning samt effektivisering och därav även en minskning av energianvändningen som kommer från byggnadsbeståndet. (EU, 2012)

## **6.2 Direktivet om byggnaders energiprestanda (EPBD), 2010/31/EU**

Direktivet om byggnaders energiprestanda, 2010/31/EU, är en uppdaterad version av direktivet EPBD - 2002/91/EC och går ut på att minska koldioxidutsläppen samt att förbättra energieffektiviteten i byggnadsbeståndet. Energiförbrukningen har fortsatt att öka sedan 1990 i Finland och byggnadsbeståndet står för 40 procent av denna förbrukning. Mest energi i byggnaden förbrukar belysningen, uppvärmnings- samt kylsystemen. Direktivet sätter krav på såväl nybyggen som renovationer och har tre huvudområden, i bruktagandet av energicertifikat för nya samt gamla byggnader, en miniminivå för energiprestanda för alla nya byggnader och byggnader som har genomgått en genomgriplig renovering, regelbundna granskningar av ventilations- och uppvärmningssystem samt krav på sanktioner vid överträdelser. Dessutom skall alla nya byggnader vara nära-nollenergibyggnader från och med december 2020 (2018 för offentliga byggnader). Figur 20 visar hur direktivet påverkar det finska byggnadsbeståndet (Pekkarinen-Kanerva, 2014). Varje nation har möjligheten att anpassa direktivet så att det geografiska läget, det nuvarande byggnadsbeståndet och dess skick samt lokala förhållanden tas i beaktande. Finland har ej ansökt om anpassning av direktivet. (EU, 2010, Miljöministeriet, 2014)



Figur 20. Hur direktivet om byggnadens energiprestanda (2010/31/EU) berör byggnadsbeståndet i Finland.

Artikel 9 i direktivet 2010/31/EU kräver att "Medlemsstaterna skall se till att alla nya byggnader senast den 31 december 2020 är näranollenergibygnader". Vidare står det att "För detta ändamål bör medlemsstaterna upprätta nationella planer för att öka antalet nära-nollenergibygnader och regelbundet rapportera om sådana planer till kommissionen". Definitionen på nära-nollenergibygnader är i direktivet

*En byggnad som har mycket hög energiprestanda, som bestäms i enlighet med bilaga I. Nära nollmängden eller den mycket låga mängden energi som krävs bör i mycket hög grad tillföras i form av energi från förnybara energikällor, inklusive energi från förnybara energikällor som produceras på plats, eller i närheten*

Europeiska kommissionen (2014) har även väckt talan mot Finland vid EU-domstolen angående förseningar av ibruktagandet av direktivet. Kommissionen har gett ett förslag på ett dagligt vite på 19 178,25 euro för Finland tills det att direktiven och dess planer på hur dom skall uppfyllas har tagits i bruk. (EU, 2010, Miljöministeriet, 2014)

### **6.3 Direktivet om en ökning av förnybara energiformer (RES), 2009/28/EY**

EU:s direktiv om en ökning av förnybara energiformer (RES), 2009/28/EY, sätter krav på att förnybara energikällor skall stå för minst 20 procent av den slutliga

energianvändningen år 2020 för medlemsländerna. Finlands andel är 38 procent.

Direktivet sätter även krav på att upp till 10 procent av trafikens bränsleförbrukning skall produceras med biobränsle. Finlands mål för 2030 är att förnybara energikällor ska stå för över 50 procent av den slutliga energianvändningen samt att 40 procent av trafikens bränsleförbrukning skall produceras med biobränsle. (Liukku, 2015)

### **6.4 Energicertifikat för byggnader**

EU:s Direktiv (2010) 2010/31/EU sätter krav på energicertifikat för byggnader bland medlemsländerna. Lagstiftning berör byggnadernas energieffektivitet och sedan 2008 i Finland har det krävts energicertifikat för i stort sett alla nya byggnader samt från 2009 vid uthyrning eller försäljning. 2013 trädde lagen om dom nya energicertifikaten i kraft. Energicertifikatet grundar sig på ett e-tal som bestäms från en sjugradig skala från A-G där A är det mest energieffektiva. E-talet grundar sig energiförbrukningen av en byggnad. Bedömningar görs även av det energitekniska skicket byggnaden befinner sig i samt dess tekniska system. Byggnadsdelar som bedöms är ytterväggar, ytterdörrar, fönster, vindsbjälklag och bottenbjälklag samt andra konstruktioner, uppvärmningssystem, bruksvattensystem, ventilations- och luftkonditioneringssystem, belysning, kylsystem, separat eluppvärmning samt övriga system som inverkar på byggnadens energiprestanda. (Lag om energicertifikat för byggnader, 2013, Miljöministeriets förordning om energicertifikat för byggnader, 2013)

## 6.5 Direktivens inverkan på inomhusklimatet

EU:s nya direktiv strävar alla till att sänka energiförbrukningen och höja energieffektiviteten bland medlemsländerna. Europeiska kommissionen (2010, s. 5) skriver i sitt meddelande att *”I synnerhet måste transport- och byggnadssektorerna satsa aktivt på energibesparingar”*. Byggnadsbeståndet står för 40 procent av Finlands energiförbrukning så dom utsätts hårdast i form av nya lagar och bestämmelser (EU, 2010). Direktiv om byggnaders energiprestanda berör särskilt byggnadens luftkonditionering, isolering, värmesystem, lufttäthet samt användning av förnybara energikällor. Direktiven sätter stor press på byggnadernas skick och deras mål är att sänka energianvändningen. Mål för 2020 är även nära-nollenergibygnader. Det är uppskattat att i Storbritannien är 87 procent av alla byggnader ännu kvar år 2050 vilket även sätter stor press på inomhusklimatet hos äldre byggnader när dessa bör göras energieffektivare. (Awbi, 2015)

För att uppnå dessa mål bör luftkonditioneringen effektiviseras, värmen tas till vara genom värmeväxlare samt byggnaderna bli mera lufttäta. Enligt forskningar kan dessa faktorer bidra till försämrat inomhusklimat (Kukadia, 2012, Roulet, 2002, s. 799-807). Undersökningar av Awbi (2015) och Nash (2013) skriver i sina rapporter att byggnader kommer i framtiden bli mer lufttäta och energieffektiva samt att inomhusklimatet kommer att lida som ett resultat av detta. Awbi skriver ännu om dom uppskattade konsekvenserna för lufttäta byggnader år 2050 ifall åtgärder inte tas för att förbättra inomhusklimatet i samma takt som dom energieffektiviseras. Konsekvenser som uppskattas uppstå är höjda värden på dom lättflyktiga organiska föreningar (VOC) som är 60 procent högre samt kvävedioxidvärden som är 30 procent högre än WHO:s rekommendationer samt en 80 procents ökning av astma. Enligt Awbi bör all ny lagstiftning som berör energieffektiviteten hos byggnader komma med kvalitativa och tillräckliga undersökningar och anvisningar om hur inomhusklimatet bevaras så att invånarnas hälsa inte tar skada. Speciellt bör anvisningar och kompetens finnas angående tekniska lösningar och underhåll kring ventilationssystem och värmeåtervinning. (Kukadia, 2012, Roulet, 2002, s. 799-807)

Enligt undersökningar har system med värmeåtervinning visat sig vara dom mest energieffektiva och har i stor utsträckning tagits i bruk, oftast för att uppnå hög energieffektivitet. Detta har resulterats i ett ökat antal system med värmeåtervinning tas i bruk enbart för att sänka energiförbrukningen. En rapport Kukadias artikel (2012, s. 72) gjord av NHBC, National House Building Council, visar dock att denna relativt invecklade lösning inte alltid är på en nivå som är tillräcklig för att garantera ett gott inomhusklimat. Delvis är orsaken till detta att kompetensen inte är tillräckligt hög för att installera och underhålla dessa system ordentligt. Sabrina Nash (2013) skriver i sin rapport att dagens system med värmeåtervinning inte är på tillräcklig hög nivå för att upprätthålla ett gott inomhusklimat när lufttätheten överstiger en viss nivå och därmed kommer luftkvaliteten vara låg i energieffektiva byggnader. Sabrina understryker även vikten av förbättringar av dagens system för att kunna upprätthålla ett gott inomhusklimat även i lufttäta hus. Värmeåtervinning i form av roterande värmeväxlare kan vara ett hot för inomhusklimatet i mycket täta byggnader. Claude-Alain Roulet (2002, s. 799-807) skriver i sin undersökning att det är möjligt att skadliga ämnen återvänder via vissa typer av roterande värmeväxlare tillbaka in till byggnaden genom tilluften. (Kukadia, 2012, Roulet, 2002, s. 799-807)

En av dom största riskerna är brister i det underhåll som krävs för ventilationssystemet. Hazim Awbi (2015) skriver om tre undersökningar som gjorts av NHBC angående risker för otillräcklig ventilation i lufttäta byggnader. Dessa undersökningar visar att ju mera lufttät en byggnad är desto större roll har ventilationssystemet samt att det fungerar felfritt. Även en undersökning gjord av Vina Kukadia (2012) understryker vikten i ett felfritt ventilationssystem. Enligt både Awbi och Kukadia sätter lufttäta byggnader stor press på ventilationssystemet och man bör kunna garantera ett felsäkert system. Framtida system kommer även bli mer komplexa vilket även ökar vikten av god kompetens hos användaren.



## 7 SLUTSATS

Inomhusklimatet är ett komplext samspel mellan många faktorer som i hög mån påverkar människan dagligen. Sambandet mellan inomhusklimatet och invånarnas hälsa är bevisat men i hur stor utsträckning den direkta påverkan berör människan är ännu relativt oklart. Klart är dock att beroende på dess skick har ett dåligt inomhusklimat en negativ påverkan på invånarna medan ett gott inomhusklimat kan bidra till en positiv och stressfri miljö. Förbättringsmöjligheterna på inomhusklimatet är många och är möjliga på flera delområden. Uppgraderingar på luftkvaliteten eller den termiska, akustiska och visuella komforten berör alla det slutliga inomhusklimatet. Dock finns det begränsningar i hur stor utsträckning dessa förbättringar kan genomföras, vissa byggnader kan ha begränsningar angående system och lösningar som är möjliga för denna byggnad. Man bör alltid utgå från det område som har den största förbättringspotentialen.

Inomhusklimatet har en märkbar inverkan på produktiviteten men i hur stor grad det påverkar är ännu relativt oklart. Sambandet mellan produktivitet och ekonomisk lönsamhet är dock klar och en liten ökning av produktiviteten kan innebära en stor ökad lönsamhet. Inomhusklimatet påverkar i första hand den fysiska och psykiska hälsan och därmed påverkas produktiviteten indirekt. Dock är det klart att ett gott inomhusklimat ger goda möjligheter för ökad trivsel och produktivitet medan ett dåligt inomhusklimat har motsatt effekt.

Lönsamheten kring inomhusklimatrelaterade investeringar är beroende på klimatets skick samt vilka förbättringsmöjligheter byggnaden innehar. Byggnader med ett dåligt inomhusklimat har i allmänhet större lönsamhet samt byggnader med goda uppgraderingsmöjligheter. På senare tid har åtgärder som berör inomhusklimatet gått från ett energi-sparande tankesätt till ett som optimerar produktiviteten genom investeringar. Smarta lösningar och potentiella investeringsmöjligheter med hög lönsamhet bör alltid vara målet när man vill förbättra inomhusmiljön, inte dom omedelbara utgifterna. Flera undersökningar visar den märkbara lönsamheten med investeringar gentemot sparåtgärder och vid smarta investeringar är återbetalningstiden mycket kort.

I dagens läge är det inte acceptabelt att behöva lida av irritationer vid arbetsplatsen. Existerar ett inomhusklimatrelaterat problem bör man undvika dom risker som existerar med dessa utredningar. Man bör börja genom att skapa en god grund och information kring problemet för att senare kunna dra nytta av eventuella mätningar. Därför är kommunikation mellan anställda och arbetsgivare mycket viktig. Undersökningar visar att det bästa sättet att åtgärda inomhusklimatrelaterade problem är genom att förebygga dom. Genom kontinuerlig övervakning av inomhusklimatet och riskerna dom förknippas med kan man undvika många problem. Övervakningen kan skötas tekniskt genom speciella mätare eller genom enkäter som ges ut till dom anställda.

EU:s nya direktiv angående energieffektivitet samt byggnaders energiprestanda kommer att påverka inomhusklimatet i Finland. Det är klart att byggnaderna kommer bli mer lufttäta och energieffektiva i framtiden samt att värmeåtervinning kommer att behövas för att uppnå dom nya målen. Det är även klart att inomhusklimatet påverkas negativt när lufttäthet blir tillräckligt hög ifall inga uppgraderingar görs på ventilationen. Täta hus med värmeåtervinning sätter också stor press på ventilationssystemet samt dess underhåll. Hur stor denna påverkan kommer vara på inomhusklimatet i praktiken beror i stor del på dom åtgärder som tas för att förebygga dessa problem och hur bra dom uppnås i praktiken. Ifall inga åtgärder tas kommer det att påverka inomhusklimatet i hög grad negativt. I dagens läge beaktas inomhusklimatet i lagstiftningen men inga klara anvisningar finns hur det skall bevaras i praktiken när byggnaderna blir tätare och energieffektivare.

## 8 DISKUSSION

Personligen anser jag att inomhusklimatet påverkar oss i stor grad. Sambanden mellan hälsa och inomhusklimatet är klara men ännu har det forskats för lite för att kunna bevisa i hur stor grad. Samma sak gäller med produktiviteteten och inomhusklimatet, sambandet finns men forskning saknas för att kunna bevisa i hur stor grad. Dock anser jag att möjligheterna för ekonomisk lönsamhet är väldigt stora ifall dom rätta förutsättningarna finns. Visionärer ser redan nu lönsamheten med ett gott inomhusklimat men en stor del av Finlands kontor skulle ha möjlighet till stora förbättrings- och lönsamhetsmöjligheter. Dock bör man gå rätt till väga. Genom undersökningar bör man hitta dom delområden inom inomhusklimatet som är i störst behov av översyn samt dom som påverkar produktiviteten mest. Ifall byggnaden tillåter det och förutsättningar finns tror jag det skulle finnas en stor ekonomisk lönsamhet i såväl stora investeringar som små. Jag anser även att man har stora fördelar genom teknisk övervakning i form av mätare som 720 Degree Oy erbjuder eller motsvarande. Även övervakning i form av enkäter och underhållsgranskningar kan man dra stor nytta av. Inomhusklimatrelaterade problem är så pass komplexa att jag anser att åtgärder som förebygger dessa problem är mer lönsamma än dom utredningar som uppstår pga. problem.

Jag anser även att EU:s direktiv och krav kring energieffektivisering är ändamålsenliga, men att dom borde ta i beaktande konsekvenserna det har på inomhusklimatet i större utsträckning. Tätare hus betyder mindre naturligt luftbyte och i dom flesta fall i dagens läge försämrat inomhusklimat. Energieffektivisering tvingar även många byggnader till åtgärder som fokuserar på den ekonomiska aspekten och inte vad som är bäst för inomhusklimatet. Ventilationssystem med värmeväxlare gör ännu saken mer komplicerad. I dagsläget krävs mer forskning kring hur dessa problem skall lösas och hur ventilations- och värmesystemen skall utformas för att klara av lufttäta byggnader.

Finland står i nuläget vid ett vägsval och hur vi väljer att lösa dessa energirelaterade problem kommer att utforma vår framtid. Hittills har företag som satsar på kreativa energilösningar och investeringar kring inomhusklimatet oftast varit till deras fördel. Personligen anser jag att företag och Finland som nation skulle enbart ha fördelar med

att vara föregångare i denna fråga. Dock krävs det mera forskning kring inomhusklimatet för att till fullo förstå sig på dess komplexa natur, men framför allt behöver vi i dagsläget modiga besluttare och nya kreativa lösningar.

## KÄLLOR / REFERENCES

- Adamkiewicz Gary, *WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants*, The Regional Office for Europe of the World Health Organization, 2010, s. 1-454.
- Ahlsell Oy, *Råd för energieffektivisering inom kontor*, handbok, Ahlsell Oy, tillgänglig: <http://www.energieffektiv.com/material/rad-for-energieffektivisering-inom-kontor/>
- Andersson Kjell, *God inomhusmiljö – en handbok för fastighetsägare*, Fastighetsägarna Stockholm, 2009, s. 1-44
- Andersson Kjell, *Inneklima og risikokommunikasjon*, nationellt seminar om fuktskador, 6 maj 2009 i Oslo, 2009, s. 1-10, tillgänglig: <http://www.inomhusklimatproblem.se/publikations/publikationer/Referens41ny.pdf>, hämtad 10.9.2016
- Andersson Kjell, *Mögelprovtagning – Till vilken nytta?*, Bygg och teknik, vol. 5, 2007, s. 33-34.
- Arbetshälsoinstitutet, *Kunta10-tutkimus*, 2014, tillgänglig: [http://www.ttl.fi/fi/tutkimus/hankkeet/kunta10\\_tutkimus/Sivut/default.aspx](http://www.ttl.fi/fi/tutkimus/hankkeet/kunta10_tutkimus/Sivut/default.aspx)
- Awbi Hazim B., *The future of indoor air quality in UK homes and its impact on health*, Beama ltd, 2015, s. 1-26. Tillgänglig: <http://www.myhealthmyhome.com/downloads/Indoor-Air-Quality-Future-Scenarios-Report.pdf>
- Burge P.S., *Sick Building Syndrome*, Occupational and Environmental Medicine 2004, vol. 61, 2004, s. 185-190
- Clements-Croome D. J., *Creating the Productive Workplace*, E & FN Spon, 2000, s. 1-384
- Clements-Croome D.J., *Work performance, productivity and indoor air*, Scandinavian Journal of Work, Environment & Health Supplements, upplaga 4, 2008, s. 69–78
- Cooper C., *Human spaces: the global impact of biophilic design in the workplace*, 2015, tillgänglig: <http://www.humanspaces.com/global-report/>
- Edwards L. and Torcellini P, *A Literature Review of the Effects of Natural Light on Building Occupants*, National Renewable Energy Laboratory, USA, 2002, s. 1-55.
- EU, *Europaparlamentets och rådets direktiv 2010/31/EU om byggnaders energiprestanda*, 2010, tillgänglig: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/PDF/?uri=CELEX:32010L0031&from=SV>
- EU, *Europaparlamentets och rådets direktiv 2009/28/EG om främjande av användningen av energi från förnybara energikällor*, 2009, tillgänglig: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009L0028&from=en>
- EU, *Europaparlamentets och rådets direktiv 2012/27/EU om energieffektivitet*, 2012, tillgänglig: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/PDF/?uri=CELEX:32012L0027&from=FI>
- Europeiska kommissionen, *Energieffektivitet i byggnader: Kommissionen väcker talan mot Belgien och Finland p.g.a. bristande införlivande*, pressmeddelande, 2014, tillgänglig: [http://europa.eu/rapid/press-release\\_IP-14-447\\_sv.htm](http://europa.eu/rapid/press-release_IP-14-447_sv.htm)
- Europeiska Kommissionen, *Energi 2020, En strategi för hållbar och trygg energiförsörjning på en konkurrensutsatt marknad*, Meddelande från kommissionen, Bryssel, KOM(2010) 639 slutlig, 2010, tillgänglig: <http://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2010/SV/1-2010-639-SV-F3-1.Pdf>
- Gavhed Désirée, *Det termiska klimatet på arbetsplatsen*, arbetslivsrapport nr 2006:2, 2006, s1-95

- Hellgren Ulla-Maija, *Complaints and symptoms among hospital staff in relation to indoor air and the condition and need for repairs in hospital buildings*, Scandinavian Journal of Work, Environment & Health Supplements, upplaga 4, 2008, s. 58–63
- Horr Yousef, *Impact of indoor environmental quality on occupant well-being and comfort: A review of the literature*, International Journal of Sustainable Built Environment, upplaga 5, 2016, s. 1–11.
- Hälsoskyddslagen, 19.8.1994/763, 1994
- Jensen K.L, *A bayesian network approach to the evaluation of building design and its consequences for employee performance and operational costs*, Building and Environment, vol. 44, utgåva 3, 2009, s. 456–462.
- Kolås Tore, *Technologies and solutions for significant energy savings compared to current practice in Norwegian office buildings*, SINTEF Building and Infrastructure, 2011, s. 1-34
- Kukadia Vina, *The effect that increasing air-tightness may have on air quality within dwellings*, The Scottish Government, Directorate for the Built Environment, 2012, s. 1-81 tillgänglig:  
<http://www.gov.scot/resource/0040/00402329.pdf>
- Lag om energicertifikat för byggnader, 50/2013, tillgänglig:  
<http://www.finlex.fi/sv/laki/alkup/2013/20130050#Pidp2345552>
- Lana Li, *Quantitative measurement of productivity loss due to thermal discomfort*, Energy and Buildings vol. 43, 2011, s 1057–1062
- Liukku Anja, *Finlands RES-targets for 2030*, Arbets- och näringsministeriet, 2015, tillgänglig:  
<http://www.tuulivoimayhdistys.fi/filebank/812-AnjaLiukko.pdf>
- Markanvändnings- och bygglag, 1999, tillgänglig: <http://www.finlex.fi/sv/laki/ajantasa/1999/19990132>
- Miljöministeriet, *Byggnaders inomhusklimat och ventilation, föreskrifter och anvisningar 2012*, D2  
 Finlandsbyggbestämmelsesamling, 2012
- Miljöministeriet, *Ljudisolering och bullerskydd i byggnad, föreskrifter och anvisningar*, C1  
 Finlandsbyggbestämmelsesamling, 1998
- Miljöministeriet, *lagstiftning som gäller byggnaders energiprestanda*, 2014, tillgänglig:  
[http://www.ym.fi/sv-FI/Markanvandning\\_och\\_byggande/Lagstiftning\\_och\\_anvisningar/Lagstiftning\\_som\\_galler\\_byggnaders\\_energiprestanda](http://www.ym.fi/sv-FI/Markanvandning_och_byggande/Lagstiftning_och_anvisningar/Lagstiftning_som_galler_byggnaders_energiprestanda)
- Miljöministeriets förordning om energicertifikat för byggnader, 2013, tillgänglig:  
<http://www.finlex.fi/sv/laki/alkup/2013/20130176>
- Nash Sabrina, *Impact of mechanical ventilation systems on the indoor air quality in highly energy-efficient houses - How it affects human health*, University of Groningen, Center for Isotope Research, Holland, 2013, s. 1-55

- Pekkarinen-Kanerva Pirjo, *Korjausrakentamisen energiamääräykset*, Helsingin rakennusvalvontavirasto, 2014, tillgänglig:  
[http://www.hel.fi/static/rakvv/tilaisuudet/2014/taloyhtion\\_energiakorjaus/Taloyhtion\\_energiakorjaus\\_041114\\_Rakvv.pdf](http://www.hel.fi/static/rakvv/tilaisuudet/2014/taloyhtion_energiakorjaus/Taloyhtion_energiakorjaus_041114_Rakvv.pdf)
- Reijula Kari, Sundman-Digert C, *Assessment of indoor air problems at work with a questionnaire*, Occupational and Environmental Medicine, vol. 6, 2004, s. 33-38
- Reijula Kari, *Rakennusten kosteus- ja homeongelmat*, Eduskunnan tarkastusvaliokunnan julkaisu 1/2012, 1 uppl., Kopijyvä Oy, Esbo, 2012, s. 1-205.
- Roelofsen P, *The design of the workplace as a strategy for productivity enhancement*, in: *Clima 2000/Napoli 2001*, World Congress, Napoli, 2001
- Roulet Claude-Alain, *Effect of chemical composition on VOC transfer through rotating heat exchangers*, Energy and Buildings, vol. 34, utgåva 8, 2002, s. 799-807
- Samuelson Ingemar, *Att undersöka inommiljö: En beskrivning av tillvägagångssätt och val av metoder vid skadeutredning*, SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut, 1999, s. 1 – 129
- Seppänen Olli, *Effect of temperature on task performance in office environment*, Academy of Finland, Lawrence Berkeley National Laboratory, USA, 2006a, s. 1-6
- Seppänen Olli, *Indoor Climate and Productivity in Offices: How to Integrate Productivity in Life-Cycle Cost Analysis of Building Services*, vol. 6, Federation of European Heating and Air-Conditioning Associations, REHVA, Bryssel, Belgium, 2006b
- Seppänen Olli, *Sisäympäristö ja tuottavuus*, Tuottava toimisto 2005, 2005, s. 541-551
- Socialstyrelsen, *Kemiska ämnen i inomhusmiljön*, 2006, s. 1-68
- Social- och hälsovårdsministeriet, *Anvisning om boendehälsa*, Social- och hälsovårdsministeriets handböcker 2003:2, Helsingfors, 2003
- Sundell Jan, *On the history of indoor air quality and health*. Indoor Air vol. 14, 2004, s 51-58
- Wyon David, *Enhancing Productivity While Reducing Energy Use in Buildings*, E-Vision 2000 Conference, Konferens material, Washington, D.C, 2000, s. 233 - 254, Tillgänglig: Rand Corporation

## BILAGOR / APPENDICES

### Bilaga 1. Koncentrationer av luftföroreningar inomhus.

Ämne	In <sup>1</sup>	A <sup>1</sup>	Ut <sup>1</sup>	P <sup>1</sup>	Luktröskel <sup>2</sup>
<b>Klassiska föroreningar</b>					
CO	0,5-1	1	2	0,8-1,7	
NO <sub>2</sub>	13-62	27-36	24-61	25-43	185
<b>Alifatiska kolväten</b>					
Dekan	5-14	4-63	1-6	7-49	
Nonan	2-7	3-24	0,4-3	6-14	
Undekan	5-9	4-39	0,5-7	8-15	
<b>Aromatiska kolväten</b>					
Bensen	2-13	4-14	1-21	3-23	1200
Etylbensen	3-11	9-15	1-7	8-24	
Naftalen	1-90	2-8	1-4	2-46	7,5
Styren	1-6	3-7	1-2	1-5	230
Toluen	15-74	25-69	3-43	25-130	9400 <sup>3</sup>
Trimetylbensener		18	19	14	12-27
m&p-Xylener	4-37	25-121	2-23	25-55	250-300
o-Xylen	2-12	7-29	1-8	8-15	250-300
<b>Alkoholer</b>					
2-Etyl-1-hexanol	2-7	3-6	2-3	3-5	1300
Fenol	0,8-26	0-4	1	8	
<b>Glykoleter</b>					
2-butoxyetanol	2-15	10-19	0,7	7	
<b>Aldehyder</b>					
Acetaldehyd	10	3	2	8	25
Formaldehyd	7-79	12	3	21	35
Propionaldehyd	1	0,5	0,1	1	
<b>Ketoner</b>					
Aceton	31	7	2	24	
Metyletylketon	1	0,5	0,3	1	
<b>Terpener</b>					
α-Pinen	11-23	1-17	1-7	7-18	3900
Limonen	6-83	11-23	5-9	19-56	2450
3-Karen	2-8	0,5-3	2-4	2-10	
<b>Halogener</b>					
Tetrakloretylen	1-13	1-8	0,7-13	1-8	
Triklloretylen	1-89	2-8	0,6-10	1-11	
<b>Andra ämnen</b>					
NH <sub>3</sub>	15-51 <sup>4</sup>	-	-	-	1000

<sup>1</sup> In, A, Ut, P = Inomhus, arbetsmiljö, utomhus och personlig exponering

<sup>2</sup> Standardiserade luktrösklar givna som minimumkoncentrationer (Devos, et al. 1990)

<sup>3</sup> Källa (WHO, 1986)

<sup>4</sup> Ej baserat på representativa studier



## Bilaga 2. Örebromodellen, MM 040 NA Kontor

1-6	<b>INOMHUSKLIMAT</b>		<b>MM 040 NA</b>		Namn (frivillig uppgift)	
	<b>Arbetsmiljö - Kontor</b>		<b>Kontor</b>			
			Datum		Företag (viktig uppgift)	
			år      mån      dag			
			_ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _			
7-11	Grupp     _ _ _ _ _ _ _ _					Avdelning (viktig uppgift)
12-21	Arbetsplats     _ _ _ _ _ _ _ _     Avd     _ _ _ _ _ _ _ _					
	Ifylles av handläggaren					Befattning

Med det här formuläret vill vi försöka få fram hur du upplever inomhusklimatet på din arbetsplats och om du har besvär eller symtom.

## BAKGRUND

22-26 Arbetsplatsen är belägen på våningsplan    Husnummer

27 Arbetsplatstyp: eget rum ☐<sub>1</sub> delat rum ☐<sub>2</sub> kontorslandskap ☐<sub>3</sub> annat ☐<sub>4</sub>

28 Arbetstyp: mestadels på kontoret ☐<sub>1</sub> på uppdrag utanför kontoret mer än 2 dagar/v ☐<sub>2</sub>

29-32 Hur länge har du varit på din nuvarande arbetsplats? Sedan år     (t ex 1998)

33 Befattningskategori: arbetsledare/chef ☐<sub>1</sub> annan ☐<sub>2</sub>

34 Tjänst: fast anställd ☐<sub>1</sub> vikarie ☐<sub>2</sub> projektanställd ☐<sub>3</sub> annat ☐<sub>4</sub>

35 Arbetstid: heltid (minst 30 tim/vecka) ☐<sub>1</sub> deltid ☐<sub>2</sub>

36 Övertidsarbete: sällan ☐<sub>1</sub> mindre än 20 tim/månad ☐<sub>2</sub> mer än 20 tim/månad ☐<sub>3</sub>

## ARBETSMILJÖ

	Ja, ofta (varje vecka) (1)	Ja, ibland (2)	Nej, aldrig (3)
37 Drag	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
38 För hög rumstemperatur	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
39 Varierande rumstemperatur	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
40 För låg rumstemperatur	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
41 Instängd ("dålig") luft	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
42 Torr luft	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
43 Obehaglig lukt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
44 Statisk elektricitet som gör att du lätt får stötar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
45 Andras tobaksrök	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
46 Buller	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Belysning som är för svag eller ger bländning och/eller reflexer	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
48 Damm och smuts	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Arbets- och miljömedicinska kliniken, Universitetssjukhuset Örebro, 701 85 Örebro.  
Version 8910-3 K Andersson@/IF. E-post [inger.fagerlund@orebroll.se](mailto:inger.fagerlund@orebroll.se), hemsida [www.orebroll.se/ar/](http://www.orebroll.se/ar/)

**V.g. vänd** ➡

## ARBETSFÖRHÅLLANDEN

		Ja, oftast (1)	Ja, ibland (2)	Nej, sällan (3)	Nej, aldrig (4)
1	Uppfattar du dina arbetsuppgifter som engagerande och stimulerande?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Har du för mycket att göra i ditt arbete?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Har du möjlighet att påverka dina arbetsförhållanden?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	Får du hjälp av dina arbetskamrater när du har problem i arbetet?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	Är du orolig för att din arbetssituation ska förändras?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## NUVARANDE BESVÄR

Har du under de **senaste 3 månaderna** haft något/några av nedanstående besvär/symtom?  
(Besvara varje fråga även om du inte haft något/några besvär/symtom!)

		Ja, ofta (varje vecka) (1)	Ja, ibland (2)	Nej, aldrig (3)	Om Ja, tror du att detta beror på din arbetsmiljö?		
					Ja (1)	Nej (2)	Vet ej (3)
6-7	Trötthet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8-9	Tung i huvudet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10-11	Huvudvärk	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12-13	Illamående/yrsel	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14-15	Koncentrationssvårigheter	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16-17	Klåda, sveda, irritation i ögonen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18-19	Irriterad, täppt eller rinnande näsa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20-21	Näsblödning	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
22-23	Heshet, halstorrhet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
24-25	Hosta	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
26-27	Torr eller rodnad hud i ansiktet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
28-29	Fjällning/klåda i hårbotten/öron	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
30-31	Torr, kliande, rodnad hud på händerna	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
32-33	Känt dig stressad	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
34-35	Varit lättirriterad för småsaker	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
36-37	Haft sömnsvärigheter	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
38-39	Annat: .....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

### KOMPLETTERANDE FRÅGOR

	Ja (1)	Nej (2)
1 Anser du att den <b>fysiska arbetsmiljön</b> påverkar dina möjligheter att göra ett bra jobb?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2 Anser du att den <b>psykosociala arbetsmiljön</b> påverkar dina möjligheter att göra ett bra jobb?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3 Har du de <b>senaste 12 månaderna</b> varit sjukskriven på grund av symtom du hänför till arbetsmiljön?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4 Har du de <b>senaste 12 månaderna</b> sökt läkare för symtom du hänför till arbetsmiljön?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

### TEMPERATURFÖRHÅLLANDEN

	Mycket bra (1)	Bra (2)	Acceptabla (3)	Dåliga (4)	Mycket dåliga (5)
5 Vad anser du om <b>temperaturförhållandena</b> på arbetsplatsen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6 <b>Om problem</b> med temperaturen: (flera alternativ möjliga)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10 Finns lokaler med temperaturproblem?	Ja <input type="checkbox"/> 1	Nej <input type="checkbox"/> 2			
Om Ja, ange vilka: .....					

### STÄDNING

	Mycket bra (1)	Bra (2)	Acceptabel (3)	Dålig (4)	Mycket dålig (5)
11 Vad anser du om <b>städningen</b> på arbetsplatsen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12 <b>Om problem</b> med städningen: (flera alternativ möjliga)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16 Upplever du din arbetsplats som lättstädad?	Ja <input type="checkbox"/> 1	Nej <input type="checkbox"/> 2	Vet ej <input type="checkbox"/> 3		

### BULLER

	Mycket bra (1)	Bra (2)	Acceptabel (3)	Dålig (4)	Mycket dålig (5)
17 Vad anser du om <b>bullersituationen</b> på arbetsplatsen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18 <b>Om problem</b> med buller: (flera alternativ möjliga)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
21	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

V.g. vänd ➡

## LUFTKVALITET

	Mycket bra (1)	Bra (2)	Acceptabel (3)	Dålig (4)	Mycket dålig (5)
1 Vad anser du om <b>luftkvaliteten</b> på arbetsplatsen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2 <b>Om problem</b> med luftkvaliteten: (flera alternativ möjliga)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<b>Om lukter</b> förekommer, ange vilken typ och varifrån: .....				
7 Finns lokaler med dålig luftkvalitet?	Ja <input type="checkbox"/> 1	Nej <input type="checkbox"/> 2			
	<b>Om Ja</b> , ange vilka: .....				

## BAKGRUNDSDATA

8-12	Födelseår:           (t ex 1976)	Kön: man <input type="checkbox"/> 1 kvinna <input type="checkbox"/> 2																																			
13-14	Röker du? Ja <input type="checkbox"/> 1 Nej <input type="checkbox"/> 2	Snusar du? Ja <input type="checkbox"/> 1 Nej <input type="checkbox"/> 2																																			
15	Utbildning: grundskola <input type="checkbox"/> 1 gymnasium <input type="checkbox"/> 2 universitet/högskola <input type="checkbox"/> 3 annat <input type="checkbox"/> 4																																				
16	Hur länge arbetar du vid dator/terminal?	0-2 tim/dag <input type="checkbox"/> 1 2-4 tim/dag <input type="checkbox"/> 2 mer än 4 tim/dag <input type="checkbox"/> 3																																			
17	Använder du ögonlinser? Ja <input type="checkbox"/> 1 Nej <input type="checkbox"/> 2																																				
18	Hur uppfattar du arbetsplatsen?	rymlig <input type="checkbox"/> 1 lagom utrymmen <input type="checkbox"/> 2 alltför trångt <input type="checkbox"/> 3																																			
		<b>Om Ja, under senaste året?</b> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Ja (1)</th> <th>Nej (2)</th> <th>Ja (1)</th> <th>Nej (2)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>19-20 Har du haft eller har du astmatiska besvär?</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>21-22 Har du haft eller har du hösnuva?</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>23-24 Har du haft eller har du andra allergiska besvär från ögon eller näsa?</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>25-26 Har du haft eller har du eksem?</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>27 Blir du lätt irriterad i ögon eller andningsvägar av tobaksrök, starka dofter eller avgaser?</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>28 Drabbas du ofta av förkylningar eller andra infektioner?</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Ja (1)	Nej (2)	Ja (1)	Nej (2)	19-20 Har du haft eller har du astmatiska besvär?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	21-22 Har du haft eller har du hösnuva?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	23-24 Har du haft eller har du andra allergiska besvär från ögon eller näsa?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	25-26 Har du haft eller har du eksem?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	27 Blir du lätt irriterad i ögon eller andningsvägar av tobaksrök, starka dofter eller avgaser?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			28 Drabbas du ofta av förkylningar eller andra infektioner?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
	Ja (1)	Nej (2)	Ja (1)	Nej (2)																																	
19-20 Har du haft eller har du astmatiska besvär?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																	
21-22 Har du haft eller har du hösnuva?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																	
23-24 Har du haft eller har du andra allergiska besvär från ögon eller näsa?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																	
25-26 Har du haft eller har du eksem?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																	
27 Blir du lätt irriterad i ögon eller andningsvägar av tobaksrök, starka dofter eller avgaser?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																			
28 Drabbas du ofta av förkylningar eller andra infektioner?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																			

## YTTERLIGARE SYNPUNKTER

.....
.....
.....
.....
.....
.....

**TACK FÖR DIN MEDVERKAN!**